

# **REABILITAÇÃO ENERGÉTICA DE EDIFÍCIOS FACE À NOVA REGULAMENTAÇÃO**

**DIOGO ALEXANDRE GUERREIRO DA SILVA**

Dissertação submetida para satisfação parcial dos requisitos do grau de  
**MESTRE EM ENGENHARIA CIVIL — ESPECIALIZAÇÃO EM CONSTRUÇÕES**

---

Orientadora: Professora Doutora Maria Helena Póvoas Corvacho

JUNHO DE 2014

## **MESTRADO INTEGRADO EM ENGENHARIA CIVIL 2013/2014**

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL

Tel. +351-22-508 1901

Fax +351-22-5081446

✉ [miec@fe.up.pt](mailto:miec@fe.up.pt)

*Editado por*

FACULDADE DE ENGENHARIA DA UNIVERSIDADE DO PORTO

Rua Dr. Roberto Frias

4200-465 PORTO

Portugal

Tel. +351-22-508 1400

Fax +351-22-5081440

✉ [feup@fe.up.pt](mailto:feup@fe.up.pt)

🌐 <http://www.fe.up.pt>

Reproduções parciais deste documento serão autorizadas na condição que seja mencionado o Autor e feita referência a *Mestrado Integrado em Engenharia Civil - 2013/2014 - Departamento de Engenharia Civil, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, Portugal, 2014*.

As opiniões e informações incluídas neste documento representam unicamente o ponto de vista do respetivo Autor, não podendo o Editor aceitar qualquer responsabilidade legal ou outra em relação a erros ou omissões que possam existir.

Este documento foi produzido a partir de versão eletrónica fornecida pelo respetivo Autor.

Aos meus Pais

*Um dia todos os edifícios serão Verdes*

*ADENE*



## **Agradecimentos**

Ao terminar este trabalho não poderia deixar de agradecer a muitas pessoas pelo contributo manifestado ao longo desta minha vida académica que tanto me ensinaram e juntos ultrapassamos diversas etapas sempre com um sorriso na cara e que o amanhã será um novo dia, é a todos eles que devo este gesto de carinho.

Aos meus pais, pois sem eles não seria possível ter chegado tão longe e obrigado pela paciência, persistência e conselhos preciosos neste meu percurso de vida. Obrigado pela força incondicional e confiança que depositaram em mim.

Aos meus amigos, que passaram e ficaram na minha vida, devo-vos um muito obrigado por estes anos maravilhosos que pude partilhar com vocês, experiências e aventuras que nunca esquecerei, pois sem vocês não teria sido o mesmo.

À professora Helena, pela gentileza de me ter aceitado como seu orientando, pelo seu tempo disponibilizado, simpatia e dedicação, ajudando-me a encontrar o melhor caminho para a realização deste trabalho.

Muito Obrigado!



## **RESUMO**

Grande parte dos edifícios existentes em todo o mundo foi edificado há décadas, muito antes da crise industrial e do aquecimento global se transformarem numa preocupação atual para o planeta. Estes edifícios são os que mais energia consomem, contudo se forem adotadas medidas de eficiência energética, é possível alcançar uma diminuição das necessidades energéticas atuais nesses edifícios.

A reabilitação térmica e energética em edifícios vem trazer um caminho muito promissor para melhorar a qualidade térmica do edifício, visto que o edifício é um elemento de transmissão e armazenamento de energia, ao melhorar a sua envolvente exterior consegue-se um edifício mais eficiente, podendo ser satisfeitas as condições de conforto dos seus ocupantes com a diminuição do consumo energético.

Atualmente, muito do edificado português encontra-se envelhecido apresentando patologias e consequente degradação, contudo muitos esforços têm vindo a ser feitos, com a introdução de regulamentos que impõem metodologias necessárias para que o edificado existente e novo se torne eficiente em termos energéticos.

Neste contexto, a presente dissertação pretende dar a conhecer o estudo das possibilidades de reabilitação energética de três edifícios existentes de épocas de construção diferentes e perceber as exigências que a nova regulamentação térmica de edifícios, o Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Habitação (REH) coloca à sua reabilitação.

Numa primeira parte, será descrita a situação atual da reabilitação de edifícios, abordar-se-á a evolução da certificação energética em Portugal bem como a classificação de edifícios por classes energéticas e far-se-á uma caracterização genérica de possíveis soluções correntes para a reabilitação de edifícios existentes.

Numa segunda abordagem, será explicada toda a metodologia de verificação regulamentar, com caracterização pormenorizada de duas frações incluídas em edifícios de habitação multifamiliar existentes e um edifício de habitação unifamiliar existente e posteriormente as propostas de reabilitação para cada um e analisadas exigências da nova regulamentação com respetivas conclusões.

Palavras-chave: eficiência energética, regulamentação (REH), reabilitação energética, exigências.





## **ABSTRACT**

Most of the existing buildings in the world were built decades ago, long before the industrial crisis and global warming become a current concern to the Earth. These buildings are those who consume more energy, however if energy measures are adopted, it is possible to achieve a reduction of current energy needs in buildings.

The thermal and energy rehabilitation in buildings begin to bring a very promising path to improving these, as they are an element of transmission and storage of energy. On improving its features, it makes a building more efficient, therefore able to give its occupants more habitable and comfortable-conditions, as well as able to decrease the energy consumption.

Currently, many of the Portuguese buildings have age-presented pathologies, however many efforts have been made, with the introduction of regulations that impose methodologies necessary to ensure that the existing and new buildings become energy efficient.

This thesis intends to outline the possibility of studies of the energy rehabilitation in three existing buildings constructed in a different times and understand the requirements that the new thermal regulation of buildings, the Regulation of energy performance of buildings habitation (REH) puts his rehabilitation.

In its first context, the current situation of building rehabilitation are described, which will approach the evolution of energy certification in Portugal as well as the classification of buildings by energy classes and will be made one current solutions for rehabilitation of existing buildings.

On a second approach, the regulatory verification methodology will be explained, with a detailed characterization of two fractions contained in existing multi-family habitation buildings and an existing single-family habitation building and later rehabilitation proposals and analyzed for each one the new regulations and with their respective conclusions.

**KEYWORDS:** energy efficient, regulation (REH), energy rehabilitation, requirements.



## Índice Geral

<b>AGRADECIMENTOS .....</b>	<b>I</b>
<b>RESUMO .....</b>	<b>III</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>V</b>
 <b>1. INTRODUÇÃO .....</b>	 <b>1</b>
1.1. Âmbito e Enquadramento .....	1
1.2. Objetivos da dissertação.....	2
1.3. Organização e estrutura do texto .....	3
 <b>2. REABILITAÇÃO DE EDIFÍCIOS.....</b>	 <b>5</b>
2.1. Reabilitação do edificado Português e Europeu .....	5
2.2. Caracterização do edificado em Portugal em termos energéticos.....	8
2.3. Soluções para reabilitação de edifícios .....	9
2.3.1. Paredes exteriores – Solução de isolamento térmico exterior.....	10
2.3.1.1. Revestimentos independentes descontínuos com interposição de um isolante térmico na caixa-de-ar.....	10
2.3.1.2. Sistemas compósitos de isolamento térmico pelo exterior com revestimento aplicado sobre o isolante .....	10
2.3.2. Paredes exteriores – Solução de isolamento térmico interior.....	11
2.3.2.1. Painéis isolantes prefabricados.....	11
2.3.2.2. Contra fachada executada no lado interior da parede .....	12
2.3.3. Pavimentos.....	12
2.3.4. Coberturas.....	13
2.3.4.1. Coberturas inclinadas.....	13
2.3.4.2. Coberturas Horizontais (em terraço) .....	14
2.3.5. Vãos Envidraçados .....	15
2.3.6. Melhoria da eficiência da iluminação natural. ....	16
2.3.7. Melhorias de eficiência da ventilação natural .....	17

2.3.8. Melhorias de sistemas de climatização .....	18
--	----

<b>2.4. Apoios à eficiência energética de edifícios.....</b>	<b>19</b>
--	-----------

### **3. A CERTIFICAÇÃO ENERGÉTICA E A NOVA REGULAMENTAÇÃO EM VIGOR (REH) ..... 21**

<b>3.1. A Evolução da certificação energética .....</b>	<b>21</b>
---	-----------

3.1.1. Evolução Regulamentar .....	21
------------------------------------	----

3.1.2. Certificado e Classes de desempenho energético.....	22
--	----

<b>3.2. Âmbito do REH.....</b>	<b>24</b>
--------------------------------	-----------

<b>3.3. Conceitos e Metodologia da nova regulamentação para edifícios novos e existentes .....</b>	<b>25</b>
--	-----------

3.3.1. Breve Introdução .....	25
-------------------------------	----

3.3.2. Dados Climáticos para Portugal .....	26
---	----

3.3.3. Quantificação de parâmetros térmicos.....	27
--	----

3.3.3.1 Coeficiente de transmissão térmica superficial – U .....	27
--	----

3.3.3.2. Coeficiente de redução de perdas.....	27
--	----

3.3.3.3. Coeficiente de transmissão térmica linear .....	28
--	----

3.3.3.4. Coeficiente de absorção da radiação solar.....	29
---	----

3.3.3.5. Fatores solares e de obstrução dos vãos envidraçados .....	30
---	----

3.3.4. Inércia Térmica .....	36
------------------------------	----

3.3.5. Taxa de renovação do ar .....	36
--------------------------------------	----

3.3.6. Verificação dos requisitos mínimos .....	39
---	----

3.3.7. Cálculo das necessidades nominais anuais de energia.....	40
---	----

3.3.7.1. Necessidades de aquecimento ( $N_{ic}$ e $N_i$ ) .....	40
---	----

3.3.7.2. Necessidades de arrefecimento ( $N_{vc}$ e $N_v$ ) .....	41
---	----

3.3.7.3. Necessidades de energia primária ( $N_{tc}$ e $N_t$ ) .....	42
--	----

<b>4. CARACTERIZAÇÃO DOS EDIFÍCIOS DE HABITAÇÃO SELECIONADOS PARA VERIFICAÇÃO DO NOVO REGULAMENTO (REH) .....</b>	<b>49</b>
<b>4.1.Objectivos e escolha das habitações.....</b>	<b>49</b>
<b>4.2. Caso de Estudo 1 – Edifício de habitação multifamiliar.....</b>	<b>49</b>
4.2.1. Informação geral do edifício/fração .....	49
4.2.2. Caracterização da Fração .....	52
4.2.2.1. Parede da envolvente exterior.....	52
4.2.2.2. Parede da envolvente interior .....	53
4.2.2.3. Cobertura .....	54
4.2.2.4. Vãos envidraçados .....	54
4.2.2.5. Inércia Térmica.....	56
4.2.2.6. Sistema de ventilação .....	57
4.2.2.7. Outras observações.....	57
<b>4.3. Caso de Estudo 2 – Edifício de habitação multifamiliar.....</b>	<b>58</b>
4.3.1. Informação geral do edifício/fração .....	58
4.3.2. Caracterização da fração .....	59
4.3.2.1. Parede da envolvente exterior.....	59
4.3.2.2. Parede da envolvente interior .....	60
4.3.2.3. Cobertura .....	61
4.3.2.4. Vãos envidraçados .....	62
4.3.2.5. Inércia térmica .....	63
4.3.2.6. Sistema de ventilação .....	64
4.3.2.7. Outras observações.....	66
<b>4.4. Caso de Estudo 3 – Edifício de habitação unifamiliar .....</b>	<b>66</b>
4.4.1. Informação geral do edifício/fração .....	66
4.4.2. Caracterização da fração .....	68
4.4.2.1. Parede da envolvente exterior.....	68
4.4.2.2. Parede da envolvente interior .....	69
4.4.2.3. Pavimentos.....	69

4.4.2.4. Cobertura.....	69
4.4.2.5. Vãos envidraçados.....	70
4.4.2.6. Inércia térmica.....	71
4.4.2.7. Sistema de ventilação.....	72
4.4.2.8. Outras observações.....	72

## **5. ANÁLISE DOS RESULTADOS DA VERIFICAÇÃO REGULAMENTAR ..... 73**

### **5.1. Considerações iniciais ..... 73**

### **5.2. Caso de estudo 1 ..... 73**

#### 5.2.1. Estado atual do caso de estudo 1 ..... 73

#### 5.2.2. Propostas de reabilitação para o caso de estudo 1 ..... 75

### **5.3. Caso de estudo 2 ..... 77**

#### 5.3.1. Estado atual do caso de estudo 2 ..... 77

#### 5.3.2. Propostas de reabilitação para o caso de estudo 2 ..... 79

### **5.4. Caso de estudo 3 ..... 81**

#### 5.4.1. Estado atual do caso de estudo 3 ..... 81

#### 5.4.2. Proposta de reabilitação para o caso de estudo 3 ..... 82

### **5.5. Influência da localização na satisfação das exigências regulamentares..... 85**

## **6. CONCLUSÕES..... 91**

### **6.1. Conclusões e considerações finais..... 91**

### **6.2. Desenvolvimentos Futuros ..... 93**

## **REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS ..... 95**

### **A1 ..... 97**

#### A1.1. Fração - 1ºandar - Sines (sem reabilitação - atual estado da fração).....98

#### A1.2. Fração - 1ºandar - Sines (reabilitação dos vãos envidraçados).....99

#### A1.3. Fração - 1ºandar - Sines (reabilitação dos vãos envidraçados + ventilação)..... 100

A1.4. Fração - 1ºandar - Sines (reabilitação vãos envidraçados + ventilação + AQS).....	101
A1.5. Fração - 4ºandar - Sines (sem reabilitação - atual estado da fração).....	102
A1.6. Fração - 4ºandar - Sines (reabilitação da cobertura).....	103
A1.7. Fração - 4ºandar - Sines (reabilitação da cobertura + vãos envidraçados).....	104
A1.8. Fração - 4ºandar - Sines (reabilitação da cobertura + vãos envidraçados + ventilação).....	105
A1.9. Fração - 4ºandar - Sines (reabilitação da cobertura + vãos envidraçados + ventilação + AQS).....	106
A1.10. Fração - 2ºandar - Porto (sem reabilitação - atual estado da fração).....	107
A1.11. Fração - 5ºandar - Porto (sem reabilitação - atual estado da fração).....	108
A1.12. Fração - 2ºandar - Porto (melhoramento do sistema de ventilação).....	109
A1.13. Fração - 2ºandar - Porto (melhoramento do sistema de ventilação + AQS).....	110
A1.14. Fração - 5ºandar - Porto (reabilitação da cobertura).....	111
A1.15. Fração - 5ºandar - Porto (reabilitação da cobertura + ventilação).....	112
A1.16. Fração - 5ºandar - Porto (reabilitação da cobertura + ventilação + AQS).....	113
A1.17. Moradia Porto (séc. XIX) - Estado atual.....	114
A1.18. Moradia Porto (séc. XIX) - reabilitação das paredes exteriores.....	115
A1.19. Moradia Porto (séc. XIX) - reabilitação das paredes exteriores + cobertura.....	116
A1.20. Moradia Porto (séc. XIX) - reabilitação das paredes exteriores + cobertura + ventilação.....	117
A1.21. Moradia Porto (séc. XIX) - reabilitação das paredes exteriores + cobertura + ventilação + vãos envidraçados.....	118
A1.22. Moradia Porto (séc. XIX) - reabilitação das paredes exteriores + cobertura + ventilação + vãos envidraçados + pavimento em contacto com o solo.....	119
A1.23. Moradia Porto (séc. XIX) - reabilitação das paredes exteriores + cobertura + ventilação + vãos envidraçados + pavimento em contacto com o solo + AQS).....	120
<b>A2.....</b>	<b>121</b>
A2.1. Dados referentes à fração de Sines (estado atual).....	122
A2.2. Dados referentes à reabilitação da ventilação nas duas frações de Sines.....	123
A2.3. Dados referentes à fração do Porto (estado atual).....	124

A2.4. Dados referentes à fração do Porto (com reabilitação da ventilação).....	125
A2.5. Dados referentes à moradia do Porto (séc. XIX) - estado atual.....	126
A2.6. Dados referentes à moradia do Porto (séc. XIX) - com reabilitação da ventilação.....	127



## ÍNDICE DE FIGURAS

Fig.2.1. - Número de fogos concluídos em obras de construção nova e de reabilitação 1991-2011.....	5
Fig.2.2. - Número de fogos concluídos em obras de reabilitação segundo o tipo de obra 1991-2011.....	6
Fig.2.3. - Número de fogos concluídos em obras de reabilitação segundo a entidade promotora 1995-2011.....	7
Fig.2.4. - Distribuição da produção de cada segmento no setor da construção em Portugal (2011).....	7
Fig.2.5. - Representação do segmento de reabilitação de edifícios em países da União Europeia 2011.....	8
Fig.2.6. - Repartição dos consumos de eletricidade pelos diferentes usos final.....	9
Fig.2.7. - Revestimento independente descontínuo com interposição de isolante térmico na caixa-de-ar.....	10
Fig.2.8. - Sistemas compósitos de isolante térmico pelo exterior com revestimento espesso.....	11
Fig.2.9. - Sistema compósito de isolamento térmico pelo exterior com revestimento delgado.....	11
Fig.2.10. - Contra fachada com isolante na caixa-de-ar de alvenaria (esquerda) e gesso cartonado (direita).....	12
Fig.2.11. - Pavimento sobre espaço exterior ou não aquecido – Isolamento térmico inferior.....	12
Fig.2.12. - Pavimento sobre espaço não aquecido – Isolamento térmico intermédio.....	13
Fig.2.13. - Pavimento sobre espaço exterior ou não aquecido – Isolamento térmico superior.....	13
Fig.2.14. - Cobertura inclinada com desvão não habitável – isolamento térmico na esteira horizontal.....	14
Fig.2.15. - Cobertura inclinada com desvão habitável – Isolamento térmico nas vertentes.....	14
Fig.2.16. - Cobertura horizontal: cobertura “invertida”.....	15
Fig.2.17. - Esquema de ventilação geral e permanente.....	18
Fig.2.18. - Aberturas de admissão de ar em paredes de fachada – posições mais aconselháveis.....	18
Fig.2.19. - Aberturas Auto-reguláveis.....	18
Fig.3.1. - Exemplo de um certificado energético.....	23
Fig.3.2. - Classes Energéticas.....	24
Fig.3.3. - Zonas climáticas de inverno (esquerda) e de verão (direita).....	26
Fig.3.4. - Tabela de coeficientes de redução de perdas de espaços não úteis, $b_r$ .....	28
Fig.3.5. - Tabela de valores por defeito para os coeficientes de transmissão térmica lineares $\psi$ .....	29
Fig.3.6. - Tabela de coeficiente de absorção da radiação solar.....	29
Fig.3.7. - Relação entre o valor do coeficiente de absorção a considerar no cálculo dos ganhos de calor através de uma fachada ventilada e o valor do coeficiente de absorção do paramento exterior da fachada.....	30
Fig.3.8. - Razão entre o valor do coeficiente de absorção a considerar no cálculo dos ganhos de calor através de uma cobertura em desvão e o valor do coeficiente de absorção da cobertura exterior.....	30
Fig.3.9. - Tabela indicativa do fator solar do vidro para uma incidência solar normal ao vão, $g_{\perp, vi}$ .....	31

Fig.3.10. - Tabela com valores correntes do fator solar de vãos envidraçados com vidro corrente e dispositivos de proteção solar, $g_{Tvc}$ .....	32
Fig.3.11. - Tabela com fatores solares máximos admissíveis de vãos envidraçados, $g_{Tmáx}$ .....	33
Fig.3.12. - Tabela indicativa da fração de tempo em que os dispositivos móveis se encontram ativos.....	34
Fig.3.13. - Tabela indicativa com o fator de correção da seletividade angular dos envidraçados na estação de arrefecimento, $F_{w,v}$ .....	34
Fig.3.14. - Tabela com as regras de simplificação aplicáveis à quantificação da inércia térmica interior para edifícios existentes.....	36
Fig. 3.15. - Exemplo de uma folha de cálculo para a quantificação do parâmetro $R_{ph}$ para a estação de arrefecimento e aquecimento.....	38
Fig.3.16. - Tabela indicativa com os coeficientes de transmissão térmica superficiais de referência de elementos opacos e de vãos envidraçados, $U_{ref}$ .....	39
Fig.3.17. - Tabela indicativa com os coeficientes de transmissão térmica superficiais máximos admissíveis de elementos opacos, $U_{máx}$ .....	40
Fig. 3.18. - Tabela indicativa da relação entre valores das necessidades nominais e limite, de energia útil para aquecimento, arrefecimento e energia primária, de edifícios sujeitos a grandes intervenções.....	44
Fig.4.1. - Fachada principal (esquerda) e posterior (direita) do edifício multifamiliar de habitação.....	50
Fig.4.2. - Planta do edifício com a respetiva fração em estudo .....	51
Fig.4.3. - Alçado principal do edifício multifamiliar.....	51
Fig.4.4. - Alçado posterior do edifício multifamiliar.....	52
Fig.4.5. - Vãos envidraçados orientados a sudoeste (esquerda – cozinha / direita – quarto casal).....	54
Fig.4.6. - Vãos envidraçados orientados a nordeste (esquerda – Sala / direita – quarto duplo).....	55
Fig.4.7. - Vão envidraçado orientado a noroeste.....	55
Fig.4.8. - Sistema de proteção e oclusão de roupa.....	57
Fig. 4.9. - Fachada principal do edifício.....	59
Fig. 4.10. - Planta do edifício com a respetiva fração em estudo.....	59
Fig. 4.11. - Vão envidraçado (Sala).....	62
Fig. 4.12. - Vão envidraçado (Cozinha).....	62
Fig. 4.13. - Vão envidraçado (Quarto casal).....	63
Fig. 4.14. - Boca de extração localizada no quarto.....	65
Fig. 4.15. - Boca de extração localizada no W.C.....	65
Fig.4.16. - Grelha de ventilação fixa não regulável localizada no vão da cozinha.....	65
Fig.4.17. - Alçado anterior (esq) e posterior (dir).....	67
Fig.4.18. - Corte longitudinal.....	67
Fig.4.19. - Planta do Rés-do-Chão.....	68
Fig.5.1. - Caracterização geral da fração de Sines.....	73
Fig.5.2. - Caracterização geral da fração do Porto.....	77
Fig.5.3. – Caracterização da moradia do Porto (séc. XIX).....	81

## ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 2.1. - Valores ótimos das percentagens de envidraçados das fachadas para edifícios residenciais.....	16
Tabela.3.1. - Classes energéticas.....	24
Tabela 3.2. - Critério para a determinação da zona climática de inverno.....	26
Tabela 3.3. - Critério para a determinação da zona climática de verão.....	26
Tabela 3.4. - Valores do produto $F_s.F_g$ para o cálculo das necessidades de aquecimento em edifícios existente.....	35
Tabela 3.5. - Valores do produto $F_s.F_g$ para o cálculo das necessidades de arrefecimento em edifícios existente.....	35
Tabela 4.1. - Valores referência e declives para ajuste em altitude para a estação de aquecimento da fração em estudo.....	50
Tabela 4.2. - Valores de referência e declives para ajuste em altitude para a estação de arrefecimento da fração em estudo.....	50
Tabela 4.3. - Coeficiente de transmissão térmica da parede exterior.....	53
Tabela 4.4. - Caracterização das paredes interiores.....	53
Tabela 4.5. – Coeficiente de transmissão térmica da cobertura.....	54
Tabela 4.6. - Fatores solares de cada vão da fração em estudo.....	56
Tabela 4.7. - Inercia térmica interior, $I_t$ .....	56
Tabela 4.8. - Valores referência e declives para ajuste em altitude para a estação de aquecimento da moradia em estudo.....	58
Tabela 4.9. - Valores de referência e declives para ajuste em altitude para a estação de arrefecimento da moradia em estudo.....	58
Tabela 4.10. - Coeficiente de transmissão térmica da parede exterior.....	60
Tabela 4.11. - Caracterização das paredes interiores com espessura 0,11m.....	61
Tabela 4.12. - Coeficiente de transmissão térmica da parede interior com espessura 0,11+0,11m.....	61
Tabela 4.13. – Coeficiente de transmissão térmica da cobertura.....	62
Tabela 4.14. - Fatores solares de cada vão envidraçado na fração.....	63
Tabela 4.15. - Inercia térmica interior, $I_t$ .....	64
Tabela 4.16. - Valores referência e declives para ajuste em altitude para a estação de aquecimento da moradia em estudo.....	66
Tabela 4.17. - Valores de referência e declives para ajuste em altitude para a estação de arrefecimento da moradia em estudo.....	66
Tabela 4.18. - Coeficiente de transmissão térmica da parede exterior da moradia com espessura 0,64m.....	68

Tabela 4.19. - Coeficiente de transmissão térmica da parede exterior da moradia com espessura 0,11m.....	68
Tabela 4.20. - Caracterização das paredes divisórias interiores da moradia.....	69
Tabela 4.21. - Resistência térmica do pavimento em contacto com o solo.....	69
Tabela 4.22. - Coeficientes de transmissão térmica da cobertura.....	70
Tabela 4.23. - Fator solar dos vãos envidraçados, com dispositivos de proteção solar e fator solar global dos vãos.....	71
Tabela 4.24. - Inércia térmica interior, $I_t$ .....	72
Tabela 5.1. – Valores das necessidades de aquecimento, arrefecimento e energia primária da fração sem reabilitação (1ºandar).....	74
Tabela 5.2. – Verificação dos fatores solares dos vãos envidraçados segundo a tabela 4.6.....	74
Tabela 5.3. – Valores das necessidades de aquecimento, arrefecimento e energia primária da fração sem reabilitação (4ºandar).....	74
Tabela 5.4. – Valores das necessidades de aquecimento, arrefecimento e energia primária com reabilitação dos vãos envidraçados (1ºandar).....	75
Tabela 5.5. – Valores das necessidades de aquecimento, arrefecimento e energia primária com reabilitação dos vãos envidraçados + introdução da ventilação (1ºandar).....	75
Tabela 5.6. – Valores das necessidades de aquecimento, arrefecimento e energia primária com reabilitação dos vãos envidraçados + introdução da ventilação + instalação do sistema de produção de AQS (4ºandar).....	76
Tabela 5.7. – Valores das necessidades de aquecimento, arrefecimento e energia primária com reabilitação da cobertura (4ºandar).....	76
Tabela 5.8. – Valores das necessidades de aquecimento, arrefecimento e energia primária com reabilitação da cobertura + vãos envidraçados (4ºandar).....	76
Tabela 5.9. – Valores das necessidades de aquecimento, arrefecimento e energia primária com reabilitação da cobertura + vãos envidraçados + ventilação (4ºandar).....	76
Tabela 5.10. – Valores das necessidades de aquecimento, arrefecimento e energia primária com reabilitação da cobertura + vãos envidraçados + ventilação + instalação do sistema de produção AQS (4ºandar).....	77
Tabela 5.11. – Valores das necessidades de aquecimento, arrefecimento e energia primária da fração sem reabilitação (2ºandar).....	78
Tabela 5.12. - Verificação dos fatores solares dos vãos envidraçados segundo a tabela 4.14.....	78
Tabela 5.13. - Valores das necessidades de aquecimento, arrefecimento e energia primária da fração sem reabilitação (5ºandar).....	78
Tabela 5.14. – Valores das necessidades de aquecimento, arrefecimento e energia primária com reabilitação da ventilação (2ºandar).....	79
Tabela 5.15. – Valores das necessidades de aquecimento, arrefecimento e energia primária com reabilitação da ventilação + instalação do sistema de produção de AQS (2ºandar).....	79

Tabela 5.16. – Valores das necessidades de aquecimento, arrefecimento e energia primária com reabilitação da cobertura (5ºandar).....	80
Tabela 5.17. – Valores das necessidades de aquecimento, arrefecimento e energia primária com reabilitação da cobertura + ventilação (5ºandar).....	80
Tabela 5.18. – Valores das necessidades de aquecimento, arrefecimento e energia primária com reabilitação da cobertura + ventilação + instalação do sistema de produção de AQS (5ºandar).....	80
Tabela 5.19. – Valores das necessidades de aquecimento, arrefecimento e energia primária da moradia sem reabilitação.....	82
Tabela 5.20. – Verificação dos fatores solares dos vãos envidraçados segundo a tabela 5.23.....	82
Tabela 5.21. – Valores das necessidades de aquecimento, arrefecimento e energia primária da moradia com reabilitação das paredes exteriores.....	83
Tabela 5.22. – Valores das necessidades de aquecimento, arrefecimento e energia primária da moradia com reabilitação das paredes exteriores + cobertura.....	84
Tabela 5.23. – Valores das necessidades de aquecimento, arrefecimento e energia primária da moradia com reabilitação das paredes exteriores + cobertura + ventilação.....	84
Tabela 5.24. – Valores das necessidades de aquecimento, arrefecimento e energia primária da moradia com reabilitação das paredes exteriores + cobertura + ventilação + vão envidraçados.....	84
Tabela 5.25. – Valores das necessidades de aquecimento, arrefecimento e energia primária da moradia com reabilitação das paredes exteriores + cobertura + ventilação + vão envidraçados + pavimento em contacto com o solo.....	84
Tabela 5.26. - Valores das necessidades de aquecimento, arrefecimento e energia primária da moradia com reabilitação das paredes exteriores + cobertura + ventilação + vão envidraçados + pavimento em contacto com o solo + instalação do sistema de produção de AQS.....	84
Tabela 5.27. – Resultado da influência da localização para o estado atual de cada habitação.....	86
Tabela 5.28. – Resultado da influência da localização para as medidas de reabilitação da fração de Sines.....	87
Tabela 5.29. – Resultado da influência da localização para as medidas de reabilitação da fração do Porto.....	88
Tabela 5.30. – Resultado da influência da localização para as medidas de reabilitação da moradia do séc. XIX - Porto.....	89



# 1. INTRODUÇÃO

## 1.1. ÂMBITO E ENQUADRAMENTO

Uma das grandes preocupações nos tempos atuais é saber como reduzir as necessidades dos nossos edifícios num período de tempo que tenha efeito positivo na economia, meio ambiente e sociedade.

Num âmbito global, o Protocolo de Quioto, foi o primeiro passo para o começo da diminuição de emissão de gases de efeito de estufa, aberto a assinaturas a 11 de dezembro de 1997, em Quioto, entrando em vigor só a 16 de fevereiro de 2005, obrigando os países membros a reduzir na sua emissão de gases para atmosfera.

Atualmente, segundo fonte DGEG – Direção Geral de Energia e Geologia, o consumo de energia primária nos edifícios é de cerca de 30% em Portugal e 40% nos edifícios da União Europeia. Com o aumento significativo de energia, provindo de recursos naturais do planeta, cresce progressivamente os impactos ambientais com efeitos nefastos para a raça humana, para a minimização deste problema tornou-se necessária uma intervenção urgente de medidas para a inversão deste fenómeno e que estimulassem a eficiência energética.

Medidas essas que começaram a ganhar forma com a elaboração da Diretiva Europeia de 2002, que estabeleceu exigências térmicas e de desempenho energético para edifícios, que ao longo destes últimos anos sofreram alterações/atualizações, sendo a sua última a nível nacional o Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Habitação (REH) que transpõe a Diretiva de 2010.

Segundo João Appleton, *“A reabilitação de edifícios, por contraposição à construção nova, deve ser olhada sem perder de vista os valores de proteção ambiental, dos consumos energéticos e da valorização patrimonial, ou seja, é hoje por demais evidente que não pode dizer-se que reabilitar é caro ou barato apenas com base numa comparação de custos de construção por m<sup>2</sup> da mesma.”*, a reabilitação é a chave para o futuro da construção mundial onde imperará a valorização patrimonial, proteção ambiental e viabilidades económicas.

Com a implementação da carta de Veneza no ano de 1964 o conceito de preservação cultural teve um foco mais alargado incluindo edifícios correntes e centros urbanos antigos, que até aqui este conceito era restringido só a *“monumentos de um povo, portadores de uma mensagem do passado, sendo um testemunho de tradições seculares”*. (Carta de Veneza, 1964, carta internacional de conservação e de restauro de monumentos e sítios). Os edifícios antigos que encontramos por essas cidades europeias acabam por ser um marco para as sociedades, pois retratam a evolução da humanidade e de como os edifícios foram se adaptando as várias formas de viver do ser humano.

Mas sairá só a sociedade privilegiada com a reabilitação? Sim, mas não só. O meio ambiente, por mais pequeno que seja o nosso contributo na vida quotidiana, este beneficiará com a redução de quantidades de produtos provenientes de demolições, diminuição de emissões de CO<sub>2</sub> que contribuem para o efeito

de estufa do planeta que consequentemente levará a uma redução do consumo de energia por parte dos edifícios.

De um modo geral, é necessário alertar os consumidores para os gastos energéticos por eles gerados e na forma como se traduz na economia de cada consumidor. Para isso e com a implementação de diretivas europeias e nacionais que incentivam à certificação energética, é fundamental a quantificação das necessidades energéticas de cada edifício ou habitação dando uma ideia exata e detalhada para onde canalizar os gastos energéticos da forma mais eficiente possível, para que num futuro próximo os edifícios possam ser verdes.

## 1.2. OBJETIVOS DA DISSERTAÇÃO

Recentemente tem-se notado um aumento da procura de melhores condições de conforto por parte dos utilizadores dos edifícios, quer a nível de conforto ambiental quer a nível de equipamentos que possam facilitar e melhorar a vida quotidiana.

Mas com este comportamento o consumo de energia é elevado e para fazer face a este aumento é necessário reduzi-lo sem abdicar do conforto pretendido. Uma das soluções será passar a beneficiar o edifício com uma envolvente exterior eficiente que permita reduzir o fluxo de trocas de calor com o exterior, dizendo respeito a elementos construtivos como paredes, coberturas e pavimentos, não esquecendo um dos grandes responsáveis por essas trocas, os vãos envidraçados, classificando os edifícios de forma eficiente.

É importante referir que no decorrer desta dissertação o atual governo aprovou a 20 de fevereiro (e promulgado a 4 de abril do presente ano), um diploma denominado “regime de exceção”, que permite durante sete anos, a dispensa de cumprimento de “ (...) requisitos resultantes dos regimes jurídicos em vigor sobre as acessibilidades, requisitos acústicos, eficiência energética e qualidade térmica, instalações de gás e infraestruturas de telecomunicações (...) [1]” destinado a edifícios com mais de 30 anos, desde que essas intervenções em edifícios existentes não diminuam as condições de segurança e de salubridade da edificação nem a segurança estrutural e sísmica do edifício.

A entrada em vigor deste diploma, não invalida os conteúdos da presente dissertação, visto ser um diploma provisório, sendo que, passados os sete anos, os edifícios terão que voltar a cumprir com os requisitos mínimos e exigências do REH. Muitas são as vozes a favor e contra o diploma, por um lado, é como se se pusesse em causa todo o trabalho até aqui realizado colocando Portugal num caminho divergente em relação aos restantes estados membros da união europeia. Por outro lado, face à atual crise financeira que o país atravessa, os portugueses não têm poder económico suficiente para satisfazer todos os requisitos térmicos e energéticos exigidos, sendo que este diploma vai permitir que as empresas revitalizem o setor da reabilitação, aliando a dispensa de requisitos a um aumento de edifícios a reabilitar, acabando por ter um impacto positivo no setor económico e social.

Os objetivos desta dissertação passam por:

- Conhecer o novo diploma regulamentar e as mudanças metodológicas em relação ao RCCTE;
- Explorar a utilização de uma folha de cálculo de aplicação;
- Selecionar exemplos de edifícios existentes;
- Proceder ao cálculo regulamentar para os edifícios selecionados;
- Identificar as exigências colocadas pelo REH à reabilitação desses edifícios;
- Testar, em termos de verificação regulamentar, medidas de reabilitação energética para os edifícios estudados.



Para isto será aplicado o novo regulamento de desempenho energético de edifícios de habitação (REH) em vigor desde 1 de Dezembro de 2013, a três edifícios de habitação. Pretende-se a identificação das dificuldades no cumprimento do REH em intervenções de reabilitação, e verificar como se comportam quanto a necessidades de aquecimento, arrefecimento e de energia primária com as várias soluções de reabilitação propostas.

### **1.3. ORGANIZAÇÃO E ESTRUTURA DO TEXTO**

O presente trabalho está dividido em seis capítulos.

No primeiro capítulo, serão apresentados o âmbito, o enquadramento e os objetivos da presente dissertação, bem como a sua organização e estrutura.

O segundo capítulo servirá para dar a conhecer como a reabilitação está enquadrada, nacionalmente e internacionalmente, e o que isso traduz em termos energéticos. Abordar-se-á de forma resumida, as técnicas mais usuais em reabilitação para que sejam cumpridos todos os requisitos mínimos em prol do conforto e qualidade de vida.

No terceiro capítulo, será feita uma explicação da evolução regulamentar energética em Portugal, de como está estruturada e as transformações legais por que passou no sentido de tornar o edificado em Portugal mais sustentável e eficiente. Apresentar-se-á detalhadamente as novas metodologias para o cálculo térmico e energético e respetivos requisitos de conceção para edifícios novos e edifícios sujeitos a grandes intervenções do novo regulamento. Além dos requisitos de qualidade térmica, são também descritos novos requisitos de eficiência energética para sistemas técnicos dos edifícios, sendo eles, sistemas de climatização, iluminação, preparação de águas quentes sanitárias e de aproveitamento de energias renováveis, ficando sujeitos a requisitos mínimos de eficiência energética.

O quarto capítulo é um capítulo de apresentação das habitações em estudo, de épocas diferentes. Será fornecida toda a informação relevante para o cálculo de verificação regulamentar dos edifícios, segundo o regulamento de desempenho energético dos edifícios de habitação (REH).

No quinto capítulo são analisados e discutidos os resultados dos casos de estudo apresentados. Será feita uma reflexão sobre atuais condições energéticas de cada edifício estudado e seguidamente uma discussão de resultados com as possíveis medidas de reabilitação.

Por fim, no último e sexto capítulo são feitas as sínteses finais dos resultados obtidos e conclusões finais da presente dissertação.



## 2. REABILITAÇÃO DE EDIFÍCIOS

### 2.1. REABILITAÇÃO DO EDIFICADO PORTUGUÊS E EUROPEU

Segundo fonte do regime jurídico da reabilitação Urbana (RJRU), aprovado pelo decreto-lei nº307/2009, de 23 de outubro e alterado pela lei nº32/2012, de 14 de agosto, define-se reabilitação de edifícios como “[...] a forma de intervenção destinada a conferir adequadas características de desempenho e de segurança funcional, estrutural e construtiva a um ou a vários edifícios, às construções funcionalmente adjacentes incorporadas no seu logradouro, bem como às frações eventualmente integradas nesse edifício, ou a conceder-lhes novas aptidões funcionais, determinadas em função das opções de reabilitação urbana prosseguidas, com vista a permitir novos usos ou o mesmo uso com padrões de desempenho mais elevados, podendo compreender uma ou mais operações urbanísticas» (alínea (i), do art.º 2.º).[2]

Em Portugal existe ainda uma lacuna entre reabilitação e nova construção. Da definição acima referida, a meu entender, o mais racional seria conservar do que reabilitar, visto que uma boa prática de conservação reduziria as necessidades de reabilitação, deixando esta para situações de instalação de novas funcionalidades pretendidas para os edifícios. Com a falta de investimento que vem-se verificando no nosso país, os trabalhos de reabilitação tornam-se muito penalizadores para a economia portuguesa e seu crescimento, pelo facto do edificado se encontrar muito degradado e sem qualquer tipo de manutenção. Contudo na última década, tem-se verificado uma diminuição acentuada em construção nova e um ligeiro aumento em reabilitação, como mostra a seguinte figura:

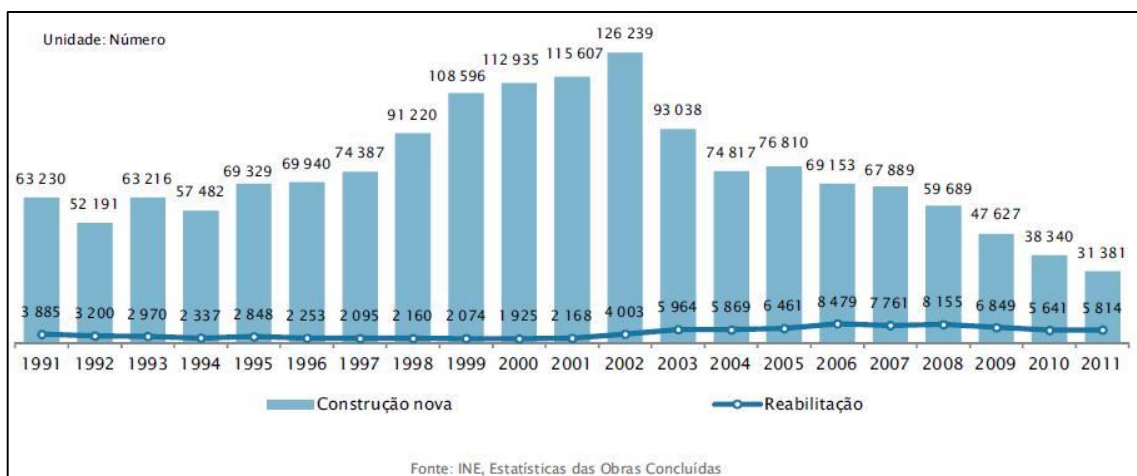


Fig.2.1. – Número de fogos concluídos em obras de construção nova e de reabilitação 1991-2011[2]

Verificando-se entre 1991-2001 um crescimento progressivo do número de fogos concluídos em construções novas e a manutenção do número de fogos reabilitados ligeiramente acima dos 2000 fogos por ano. No período de 2002 a 2011 verificou-se uma diminuição gradual do número de fogos concluídos em construções novas e um crescimento do número de fogos reabilitados. Apesar deste aumento, o número de fogos concluídos em construções novas continuou a ser significativamente superior ao número de fogos reabilitados.[2]

No entanto estudos, segundo INE e Euroconstruct na 74th Conference, apontam para uma gradual redução de número de fogos concluídos anualmente para o período de 2012-2015, no que se traduz nos dias de hoje devido à economia portuguesa se encontrar em baixo, fazendo com que o mercado mude as suas linhas condutoras, apostando fortemente na reabilitação, aparecendo na linha da frente como obras de ampliação, logo de seguida alteração e reconstrução, como mostra a Fig.2.2. que se segue:

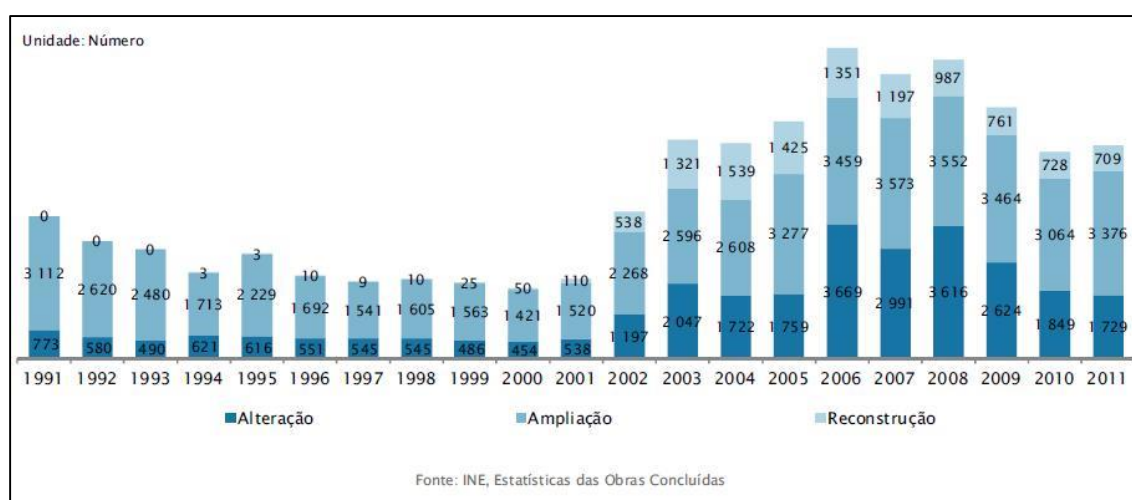


Fig.2.2. - Número de fogos concluídos em obras de reabilitação segundo o tipo de obra 1991-2011[2]

Cada vez mais a sociedade é alertada para o facto da importância da reabilitação do seu imobiliário para melhor condições de habitabilidade e com isto há um notório empenho da sociedade e institutos governamentais para tal, estando a reabilitação representado 15,6% do total de fogos concluídos em Portugal no ano de 2011. Esta reorientação do sector da construção para a reabilitação de edifícios poderá contribuir para uma melhoria das condições de funcionalidade e segurança do parque edificado, para uma manutenção e aumento da produtividade e nível de empregabilidade da indústria da construção e uma revitalização social e económica de zonas urbanas que estão atualmente degradadas ou pouco habitadas.

Mas não deixa de ser curioso (Fig.2.3.) de quem reabilita é a entidade particular, ou seja, a própria pessoa dizendo respeito a edifícios residenciais, pois são elas o grande motor para a reabilitação e consciencializando-se de que se apostarem cada vez mais no seu património poderão usufruir de uma melhor qualidade de vida no futuro próximo, reduzindo assim custos com energia gasta ajudando assim o meio ambiente. É de notar que a administração pública, com a crise instalada, fosse deixando de investir verificando-se a partir de 2007 e que houvesse um crescimento enorme por parte de pessoas singulares e de algumas empresas privadas.

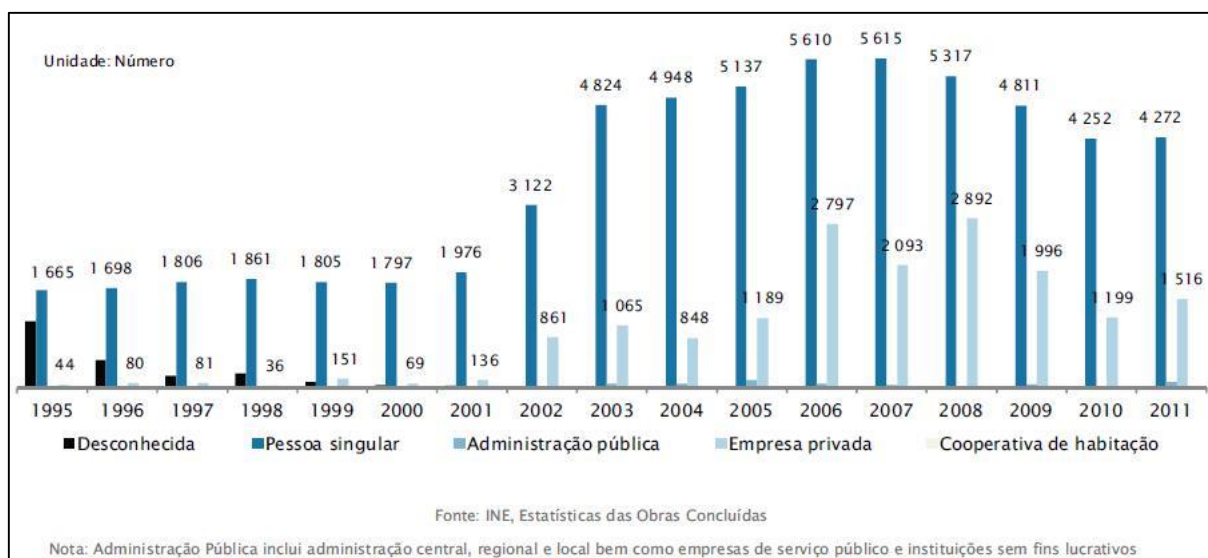


Fig.2.3. - Número de fogos concluídos em obras de reabilitação segundo a entidade promotora 1995-2011[2]

Em 2011, embora os fogos reabilitados representassem apenas 15,6% dos fogos concluídos, o total do sector da reabilitação de edifícios representava cerca de 26,1% da produção total da construção em Portugal como mostra a seguinte figura[2]:

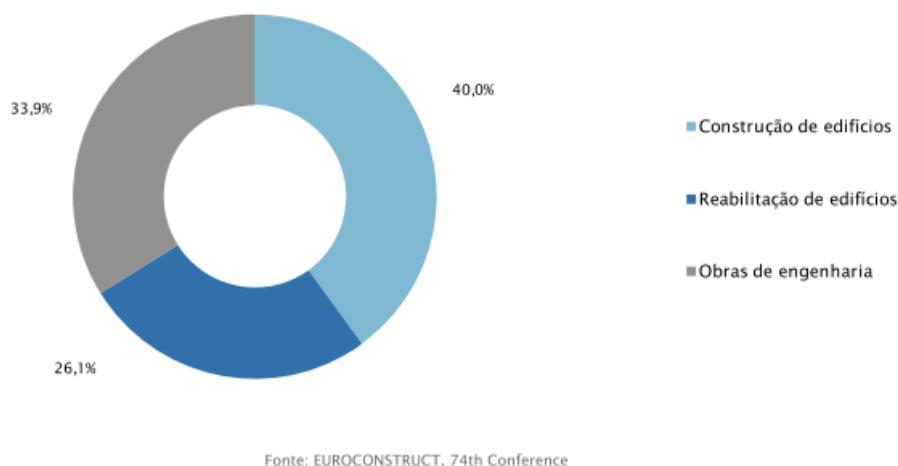


Fig.2.4. – Distribuição da produção de cada segmento no setor da construção em Portugal (2011)[2]

Como foi anteriormente exposto, Portugal ainda apresenta valores na área da reabilitação de edifícios inferiores à média europeia, que em 2011 rondava os 35%. Apenas, países da união europeia, membros do Euroconstruct, como a República Checa, a Áustria, a Eslováquia e a Polónia, apresentavam valores inferiores a Portugal, no ano de 2011.

Contudo esta situação era completamente diferente em países como Alemanha, Itália e Dinamarca, onde o sector da reabilitação representava mais de metade da produção no sector da construção (fig.2.5.).

Em termos europeus, os dados do Euroconstruct apontam para que, em termos de média europeia, a diminuição de produção nos diversos segmentos do setor da construção seja menos intensa que em Portugal e que a sua recuperação seja mais rápida, em particular no segmento de construção de edifícios

residenciais. Assim, para 2015, perspectiva-se um aumento de produção de 7,2% na União Europeia, fortemente impulsionado pelos valores perspectivados pela Irlanda e pela Espanha, 27,3% e 25,0% respetivamente.[2]

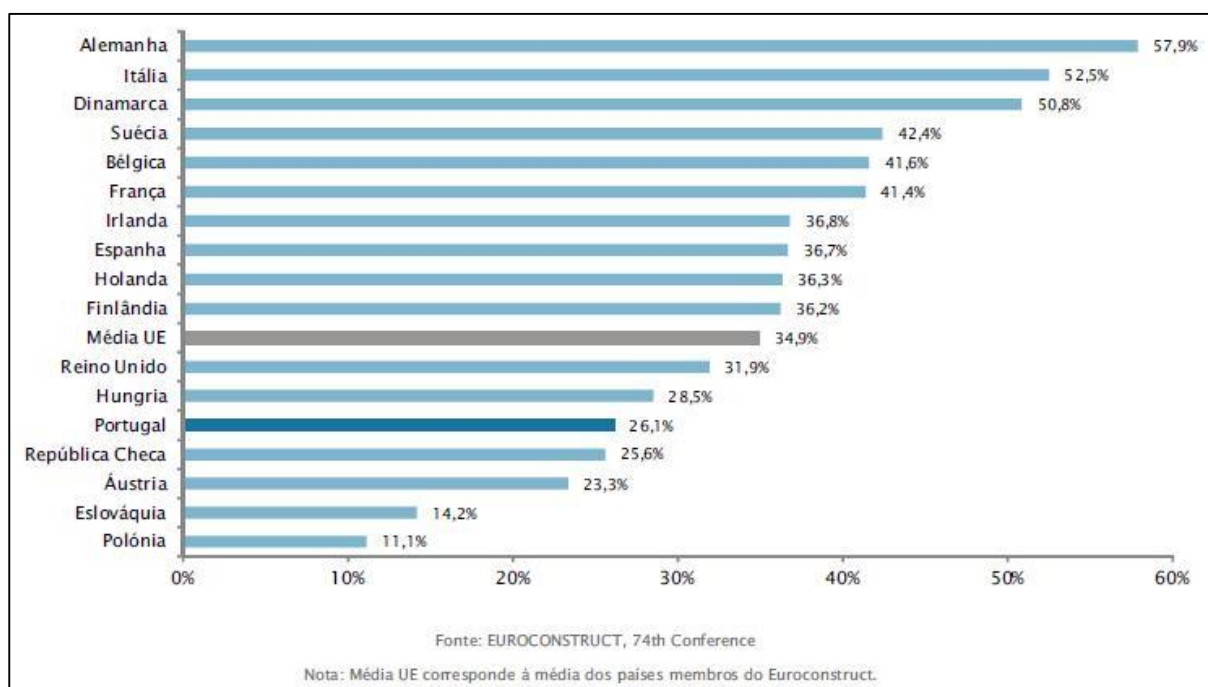


Fig.2.5. – Representação do segmento de reabilitação de edifícios em países da União Europeia 2011[2]

## 2.2. CARACTERIZAÇÃO DO EDIFICADO EM PORTUGAL EM TERMOS ENERGÉTICOS

Uma gestão consciente e eficiente dos recursos de energia é a principal aposta que se tem que enfrentar, quer em Portugal quer nos restantes países, para que a sociedade viva em equilíbrio tanto a nível de bem-estar como ambiental.

Vários são os fatores que determinam o consumo de energia nas nossas habitações, como onde se situa a habitação, a qualidade da construção, o tipo de isolamento térmico, o tipo de equipamentos que utilizamos e até mesmo o uso que lhe damos.[3]

À medida que a sociedade se torna mais evoluída, o consumo de energia têm vindo a aumentar significativamente e nas habitações portuguesas verifica-se isto mesmo devido em grande parte à aquisição em massa de equipamentos consumidores de energia.

Em Portugal, o sector residencial, com cerca de 3,9 milhões de alojamentos, contribuiu com 17,7% do consumo de energia final em termos nacionais, representando cerca de 30% do consumo de eletricidade, o que evidencia, desde logo, a necessidade de moderar especialmente o consumo elétrico. Outra causa para o aumento do consumo de energia reside na ineficiência dos próprios equipamentos utilizados no sector, edifícios incluídos, e dos procedimentos e hábitos de utilização desses mesmos equipamentos. Isto deve-se, não só a razões comportamentais dos consumidores, como também ao período necessário para a substituição dos equipamentos e progressiva recuperação dos edifícios[3].

Uma habitação portuguesa consome cerca de 3.700kWh por ano, repartindo-se da seguinte maneira (Fig.2.6.):

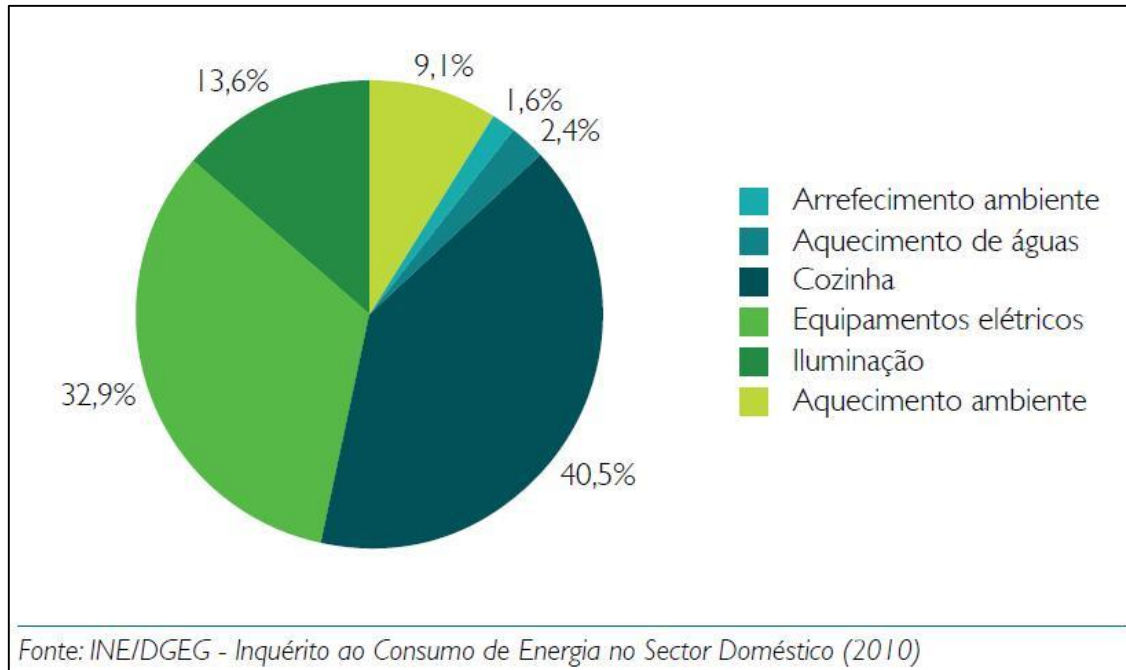


Fig.2.6. - Repartição dos consumos de eletricidade pelos diferentes usos final (Total 2010 = 14.442 GWh)[3]

A inexistência de recursos energéticos endógenos fósseis tem levado a uma elevada dependência energética do exterior em termos de energia primária. De acordo com os últimos dados do Eurostat, a média da dependência energética europeia ronda os 54%. No caso português, esse valor sobe para os 79%.[4]

Com as novas linhas orientadoras, resultaram objetivos muito concretos para Portugal no cumprimento de metas para 2020, traduzindo-se “*Estes objetivos em valores muito específicos para Portugal em termos de eficiência energética, com uma meta geral de redução no consumo de energia primária de 25% e uma meta específica de redução de 30% na Administração Pública. No que respeita à utilização de energia proveniente de fontes endógenas renováveis, Portugal está comprometido com uma meta 31% do consumo final bruto de energia e de 10% no sector dos transportes, até 2020. Estes objetivos, traçados de acordo com as metas europeias «20 – 20 – 20»*”, sendo 20% de redução das emissões de gases com efeito de estufa relativamente aos níveis de 1990, 20% de aumento da utilização das energias renováveis na produção energética total e 20% de redução do consumo de energia, mediante um aumento da eficiência energética, que têm e terão de orientar os países europeus na definição de políticas que “*pretendem em simultâneo reduzir a dependência energética do país e garantir a segurança de abastecimento*”.[4]

### 2.3. SOLUÇÕES PARA REABILITAÇÃO DE EDIFÍCIOS

A reabilitação térmico-energética de edifícios tem vindo a ser uma via mais promissora para a correção de situações inadequadas proporcionando melhorias da qualidade térmica e das condições de conforto dos seus habitantes, reduzindo o consumo de energia para aquecimento, arrefecimento, ventilação e iluminação, contribuindo para a redução das necessidades energéticas de Portugal[5]. Neste ponto pretende-se dar a conhecer soluções de reabilitação para edifícios existentes de carácter mais geral, uma vez que em reabilitação, as soluções terão de ser sempre analisadas caso a caso e que se adequem da melhor forma às principais características construtivas e arquitetónicas de cada edifício. Estando estas melhorias focadas essencialmente em quatro tipos:

- Reforço da proteção térmica conferida pela envolvente dos edifícios;
- Controlo das infiltrações de ar;
- Recurso a tecnologias solares passivas;
- Melhoria de eficiência dos sistemas e equipamentos energéticos.

### 2.3.1. PAREDES EXTERIORES – SOLUÇÃO DE ISOLAMENTO TÉRMICO EXTERIOR

#### 2.3.1.1. Revestimentos independentes descontínuos com interposição de um isolante térmico na caixa-de-ar

Esta solução consiste basicamente na colocação de uma camada de isolante térmico fixado diretamente à parede, e na execução de um revestimento independente exterior constituído por elementos descontínuos fixados à parede através de uma estrutura de suporte metálica ou de madeira formada por montantes ou travessas que protege o isolante térmico da ação da chuva incidente (Fig.2.7). Entre o revestimento e o isolante é deixada uma caixa-de-ar fortemente ventilada[6].

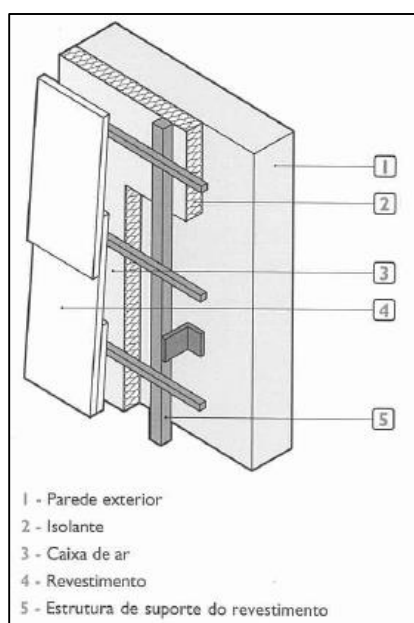


Fig.2.7 – Revestimento independente descontínuo com interposição de isolante térmico na caixa-de-ar.[6]

#### 2.3.1.2. Sistemas compósitos de isolamento térmico pelo exterior com revestimento aplicado sobre o isolante

Os sistemas compósitos de isolamento térmico pelo exterior com revestimento aplicado sobre o isolante são soluções não-tradicionais, correntemente conhecidos pela sigla ETICS. São constituídos por placas de um isolante térmico fixado à parede por colagem, por fixação mecânica ou por ambos os processos, que recebe em obra um revestimento exterior contínuo armado. Existem dois subtipos de ETICS, que se distinguem pela espessura do revestimento aplicado. Nos sistemas com revestimento espesso (Fig.2.8.) utilizam-se normalmente placas de lã mineral ou de poliestireno expandido moldado na camada de isolamento térmico e um revestimento de ligante mineral armado com uma rede metálica ou de fibra de vidro protegida contra o ataque dos álcalis do cimento. Enquanto nos sistemas com revestimento delgado (Fig.2.9.) utilizam-se placas de poliestireno expandido moldado e um revestimento de



ligantes sintéticos ou mistos armados com uma rede de fibra de vidro protegida contra o ataque dos álcalis do cimento[6].

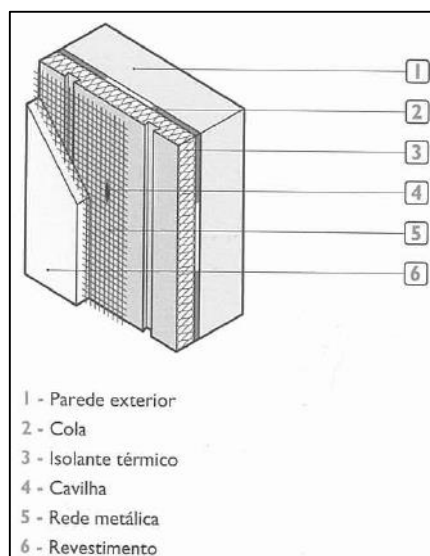


Fig.2.8. – Sistemas compósitos de isolante térmico pelo exterior com revestimento espesso[6].

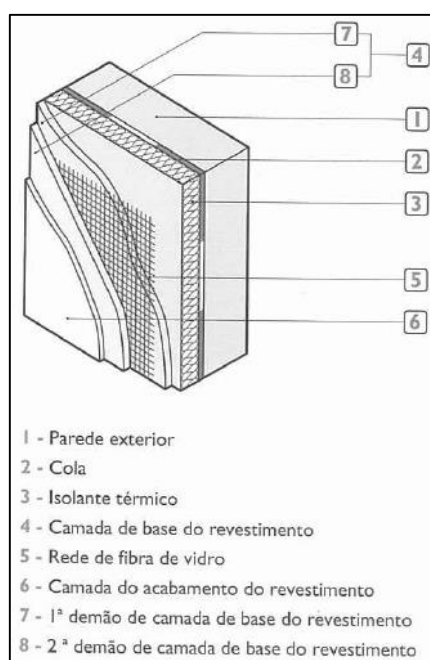


Fig.2.9. – Sistema compósito de isolamento térmico pelo exterior com revestimento delgado.[6]

## 2.3.2. PAREDES EXTERIORES – SOLUÇÃO DE ISOLAMENTO TÉRMICO INTERIOR

### 2.3.2.1. Painéis isolantes prefabricados

Para este tipo de sistema a solução mais comum é a de painéis com a altura do pé-direito em que se associam um paramento de gesso cartonado e uma camada de isolamento térmico realizada com placas de poliestireno expandido moldado ou extrudido, coladas ao tardo das placas de paramento. Estes painéis podem ser colados diretamente contra o paramento interior da parede a reabilitar ou então se fixados através de uma estrutura de apoio, que define uma caixa-de-ar intermédia[6].

### 2.3.2.2. Contra fachada executada no lado interior da parede

Esta solução tem como base a execução de uma contra fachada no lado interior da parede a reabilitar e uma desejável incorporação de um isolante térmico entre a parede exterior e esse contra fachada, duas soluções tem sido correntemente utilizadas na sua concretização: um pano de alvenaria de pequena espessura ou um forro de placas de gesso cartonado com a respetiva estrutura de apoio fixada à parede, em que o isolante térmico é aplicado desligado da placa de gesso cartonado[6].

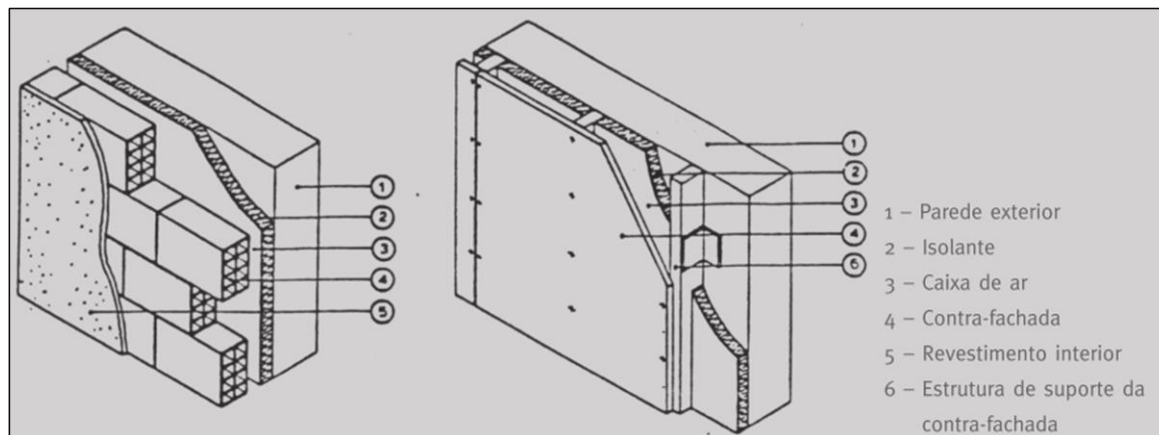


Fig.2.10 - Contra fachada com isolante na caixa-de-ar de alvenaria (esquerda) e gesso cartonado (direita)[5]

### 2.4.3. PAVIMENTOS

A intervenção ao nível dos pavimentos é fundamental quando estes estão em contacto direto com o exterior ou com espaços interiores não aquecidos (garagens, caves não habitacionais, etc.). Para o reforço do isolamento térmico dos pavimentos existem três grandes opções, dependentes da localização desse mesmo isolamento[7]:

- Isolamento térmico inferior (Fig.2.11.)
- Isolamento térmico intermédio (limitado no caso de pavimento com vazios – Fig.2.12.)
- Isolamento térmico superior (Fig.2.13.)

As soluções de isolamento térmico inferior são claramente as melhores, por serem mais fáceis e de rápida aplicação e de menor custo, além de serem ponto de vista térmico, mais eficientes. Enquanto soluções de isolamento térmico superior, além de ser menos eficientes, reduzem o pé direito do espaço habitável.

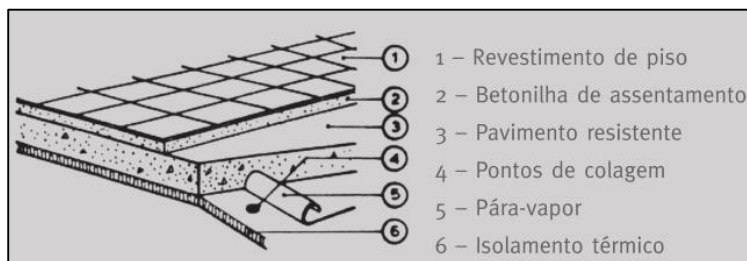


Fig.2.11. – Pavimento sobre espaço exterior ou não aquecido – Isolamento térmico inferior[5]

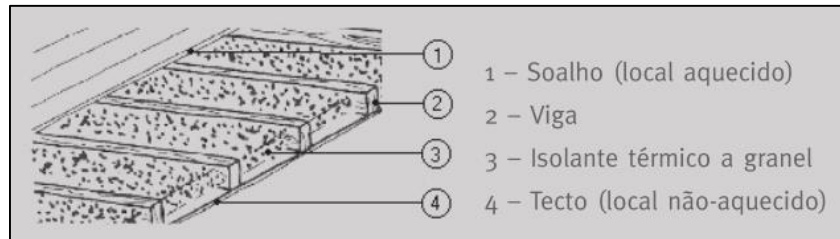


Fig.2.12 – Pavimento sobre espaço não aquecido – Isolamento térmico intermédio[5]

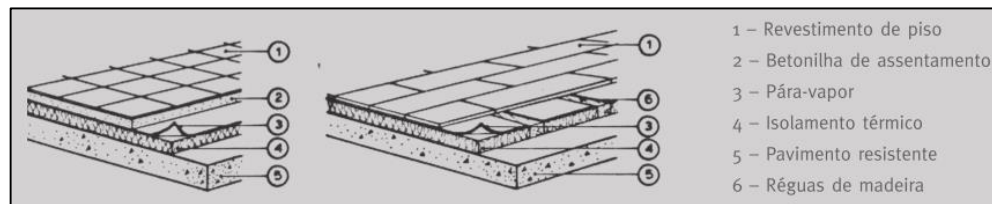


Fig.2.13 – Pavimento sobre espaço exterior ou não aquecido – Isolamento térmico superior[5]

#### 2.3.4. COBERTURAS

A cobertura é um elemento construtivo do edifício que está sujeito a grandes amplitudes térmicas, contudo, a aplicação de isolamento térmico numa cobertura pode fazer toda a diferença sendo considerada uma intervenção energética prioritária, traduzindo-se em benefícios imediatos em termos da diminuição das necessidades energéticas, e por se tratar de uma das medidas mais simples e menos dispendiosa[5].

##### 2.3.4.1. Coberturas inclinadas

Quanto a estas coberturas, consideram-se dois procedimentos de reforço de isolamento térmico: isolamento da esteira horizontal (no caso de uma desvão não habitável) e isolamento nas vertentes (caso o desvão seja habitável)

- Isolamento da esteira horizontal

Sempre que o espaço debaixo da cobertura não é utilizado para habitação ou lazer (desvão não útil) é melhor aplicar a camada de isolamento térmico sobre a esteira horizontal, sempre que possível protegida superiormente e assegurar a correta ventilação do desvão. Este tipo de solução é a mais económica, comparando-a com o isolamento nas vertentes, visto a quantidade de isolante ser menor e a sua aplicação ser mais fácil, por outro lado, haverá um consumo menor de energia para aquecimento durante a estação fria e um melhor desempenho térmico na estação de arrefecimento devido à dissipação do calor devido à ventilação do desvão[6].

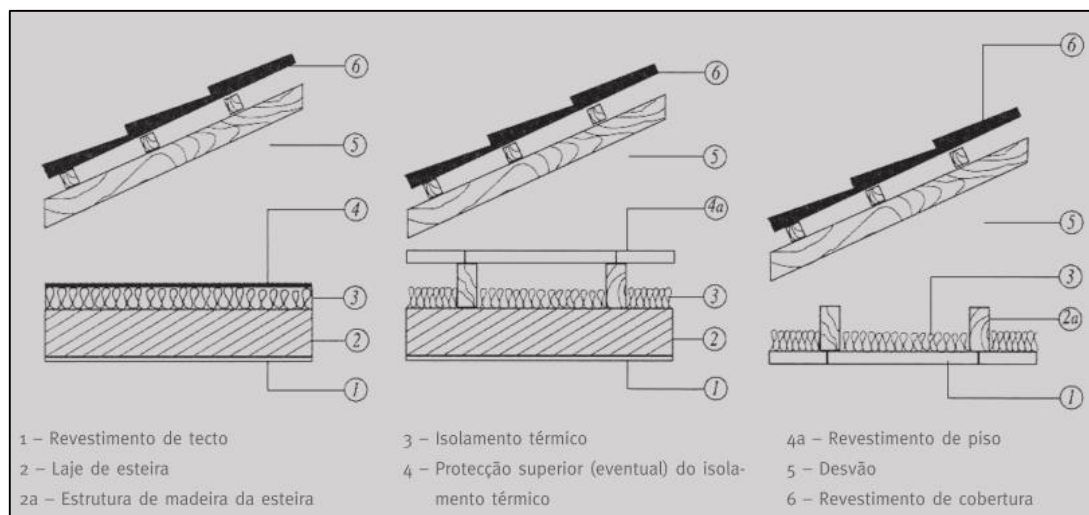


Fig.2.14 – Cobertura inclinada com desvão não habitável – isolamento térmico na esteira horizontal[5]

#### ▪ Isolamento das vertentes

Quando existe um desvão habitável é preferível utilizar este tipo de solução, o isolamento térmico sobre a estrutura da cobertura (vertentes) é do ponto de vista energético melhor, sobretudo quando existe uma estrutura de laje. Na sua aplicação deve ser sempre assegurada a existência de uma lâmina de ar ventilada, entre o revestimento exterior da cobertura (ex: telha) e o isolante térmico para que não haja degradação dos materiais. Contudo, recomenda-se que o isolante, caso esteja colocado imediatamente sob o revestimento descontínuo da cobertura, seja protegido superiormente com uma camada que impeça a penetração da água proveniente das juntas desse mesmo revestimento[5].

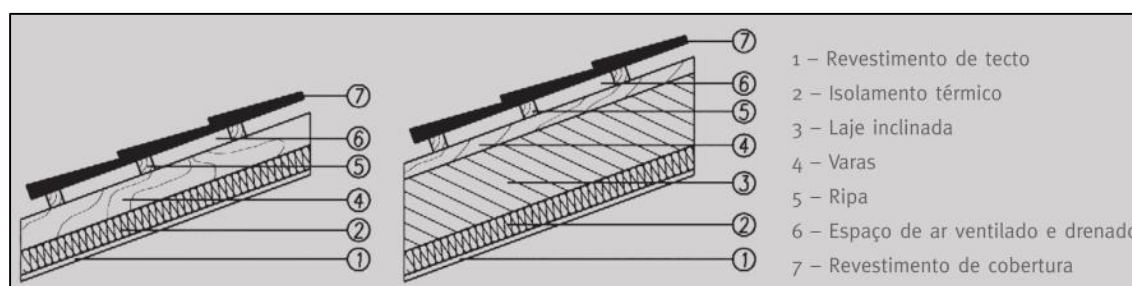


Fig.2.15 – Cobertura inclinada com desvão habitável – Isolamento térmico nas vertentes[5]

#### 2.3.4.2. Coberturas Horizontais (em terraço)

Antes de ser tomada qualquer decisão em relação ao tipo de solução a adotar numa reabilitação de cobertura é fundamental que se realize um reconhecimento prévio do seu estado de conservação (da camada superior, da impermeabilização, do isolante térmico, caso exista, e do próprio suporte).

Caso a cobertura apresente manifestações patológicas, devidas a infiltrações de água, a fendilhações, a descolamentos ou outro tipo de degradação, será necessário proceder à sua correção e à eliminação das causas, primeiramente.

Em coberturas horizontais, existem três grandes opções, ligadas à posição do isolamento térmico, sendo colocado em posição superior, inferior ou intermédio. Dentro destas opções a mais aconselhável é o isolamento térmico aplicado em posição superior, que por sua vez esta opção se divide em soluções de

aplicação, como a conhecida “cobertura invertida” e isolante térmico suporte de impermeabilização. Sendo, a cobertura invertida a melhor solução nos dias de hoje, permitindo aumentar a vida útil da impermeabilização protegendo-a assim da grande variação de amplitudes térmicas. O facto de as outras opções não serem tão vantajosas apreende-se pelo facto de exigirem um esforço adicional de conceção e execução podendo aumentar o risco de degradação[5]. De seguida apresenta-se soluções de coberturas invertidas possíveis de serem adotadas:

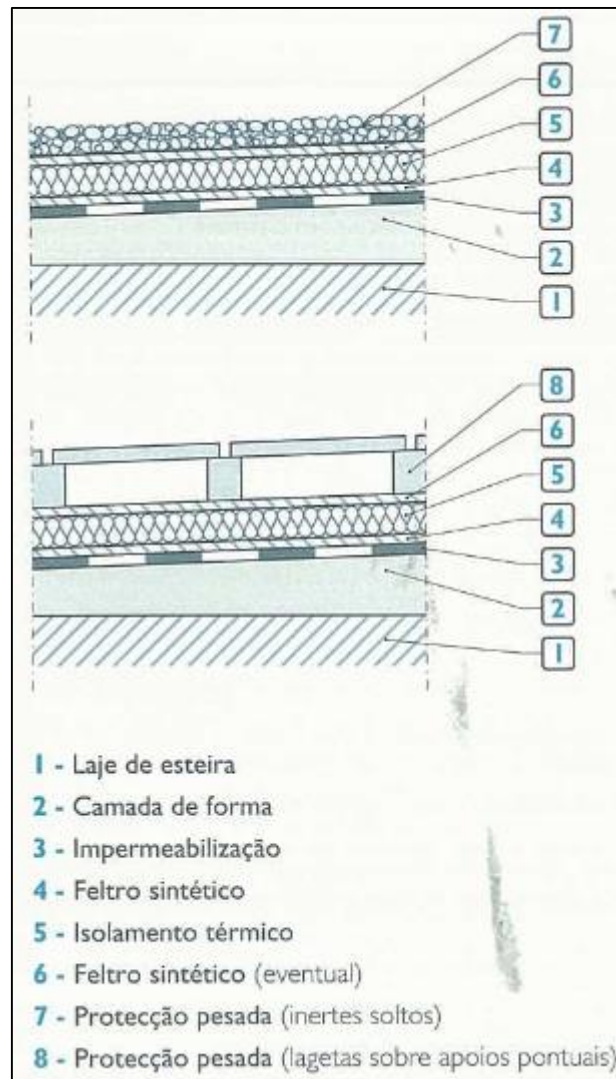


Fig.2.16 – Cobertura horizontal: cobertura “invertida”[6]

### 2.3.5. VÃOS ENVIDRAÇADOS

A reabilitação dos edifícios passa também por reabilitar os vãos envidraçados, visto estes serem um dos maiores responsáveis por perdas de calor no edifício. Esta reabilitação vem melhorar as condições de conforto e de qualidade do ar interior, fazendo com que o isolamento térmico do edifício seja reforçado, infiltrações de ar não controladas sejam reduzidas, uma ventilação natural melhorada, aumento dos ganhos solares na estação de aquecimento e um reforço da proteção solar durante a estação de arrefecimento. Apresentando de seguida algumas soluções que traduzem essa melhoria[6]:

- Reforço da resistência térmica do vão envidraçado

- Substituição dos componentes dos vãos envidraçados por outros com desempenho térmico melhorado (caixilharia com corte térmico associada a vidro duplo);
  - Utilização de envidraçados de elevado desempenho térmico (vidro de baixa emissividade);
  - Criação de janelas duplas (incorporação de um segundo caixilho);
  - Substituição de vidro simples por vidro duplo;
  - Aplicação de proteções solares permitindo a oclusão noturna;
  - Adição de dispositivos de sombreamento exterior;
  - Isolamento térmico das caixas de estore.
- Controlo de ganhos solares  
Em grande parte do território continental nacional os verões são quentes e longos e este controlo é fundamental para que seja evitado problemas como o desconforto térmico associado ao sobre-aquecimento de espaços interiores. Por isso adota-se por norma as seguintes soluções:
    - Redução da área das aberturas envidraçadas;
    - Controlo das propriedades solares-ópticas dos envidraçados;
    - Utilização de dispositivos de proteção solar (exteriores, preferencialmente)

### 2.3.6. MELHORIA DA EFICIÊNCIA DA ILUMINAÇÃO NATURAL.

A luz natural é a forma mais racional de iluminar um espaço. Uma otimização da iluminação natural num fogo deve estar presente desde o início do desenvolvimento do projeto do edifício, cujas divisões devem de estar bem localizadas, organizadas e orientadas de acordo com fim a que se destinam.

Em edifícios de habitação, as divisões dos fogos onde se verifique a permanência de pessoas, em especial durante o período diurno, os vãos de iluminação deverão ser orientados para os quadrantes onde a intensidade solar seja maior (Sul, Nascente e Poente), enquanto as restantes divisões, garagens, arrumos e espaços de circulação devem ser orientados a Norte[5]. Sendo a exposição a Sul a mais favorável quando comparada com as restantes exposições, permitindo usufruir das diferentes alturas do sol nas estações de arrefecimento e aquecimento.

Seguidamente, é apresentada uma tabela (Tabela 2.1.) que foi desenvolvida para edifícios novos, em que são considerados valores adequados dos vãos envidraçados com vidros duplos e com dispositivos de sombreamento, sendo alvo de atenção, porque como já foi referido neste capítulo, em reabilitação cada caso é um caso:

Tabela 2.1: Valores ótimos das percentagens de envidraçados das fachadas para edifícios residenciais[5].

Orientação	Aquecimento	Aquecimento e Arrefecimento
Norte	20%	15%
Sul	40%	30%
Este/Oeste	25%	20%

Na estação de arrefecimento, em que o sol se encontra mais alto, é fácil evitar a incidência dos raios solares com palas horizontais exteriores (orientação sul), sem que estas obstruam uma incidência dos raios solares na estação de aquecimento. Para vãos orientados a Poente, em que é praticamente difícil conseguir sombreamento, tem que se recorrer a vegetação de folha caduca, permitindo criar diferentes condições de sombreamento, embora em áreas densamente povoadas seja de difícil concretização

### 2.3.7. MELHORIAS DE EFICIÊNCIA DA VENTILAÇÃO NATURAL

Em edifícios residenciais, os sistemas de ventilação destinam-se a assegurar a qualidade do ar interior, fornecendo ar “novo”. Segundo o princípio geral de funcionamento do sistema de ventilação natural, da norma NP 1037-1:2002 (Fig.2.17), a ventilação deve ser geral e permanente, com entrada de ar pelos principais compartimentos (sala e quartos) e saída pelos compartimentos de serviço (cozinhas, instalações sanitárias e dispensas).

Assim sendo, as soluções que permitem uma adequada ventilação natural na fração/moradia, segundo a NP 1037-1:2002[8], são:

- “ a) Aberturas de admissão de ar nos compartimentos principais (as janelas não devem permitir infiltrações de ar excessivas) (...) ”*
- “ b) Passagem de ar dos compartimentos principais para os compartimentos de serviço (...) ”*
- “ c) Aberturas de evacuação de ar dos compartimentos de serviço, ligadas a condutas individuais ou coletivas de evacuação de ar para o exterior (...) ”*
- “ d) Limitação de permeabilidade ao ar da envolvente exterior, nomeadamente em janelas e caixas de estore.”*

Esta norma exige ainda uma renovação de ar a uma taxa adequada, de forma a garantir uma boa qualidade do ar interior e um bom funcionamento dos aparelhos de aquecimento e/ou produção de AQS por combustão.

Quanto às aberturas de admissão/extração de ar, passagem de ar estas devem de ser dimensionadas convenientemente e bem localizadas de modo a que não haja qualquer tipo de obstrução.

Nos compartimentos principais, as entradas de ar fazem-se através de aberturas reguláveis (Fig.2.18 e 2.19), a passagem de ar dos compartimentos principais para os de serviço faz-se através de folgas inferiores, laterais ou grelhas nas portas interiores. No que toca à extração de ar pela cozinha, as aberturas deve de ser colocadas por cima do fogão dentro da embocadura da chaminé, permitindo a exaustão do ar proveniente da habitação e da confeção dos alimentos. Já nas instalações sanitárias, as aberturas para que se efetue a extração de ar devem de se localizar pelo menos a dois metros acima do pavimento e tão distantes quanto possível da porta de entrada, para que se proceda ao varrimento de todo o compartimento, evitando zonas de estagnação[5].

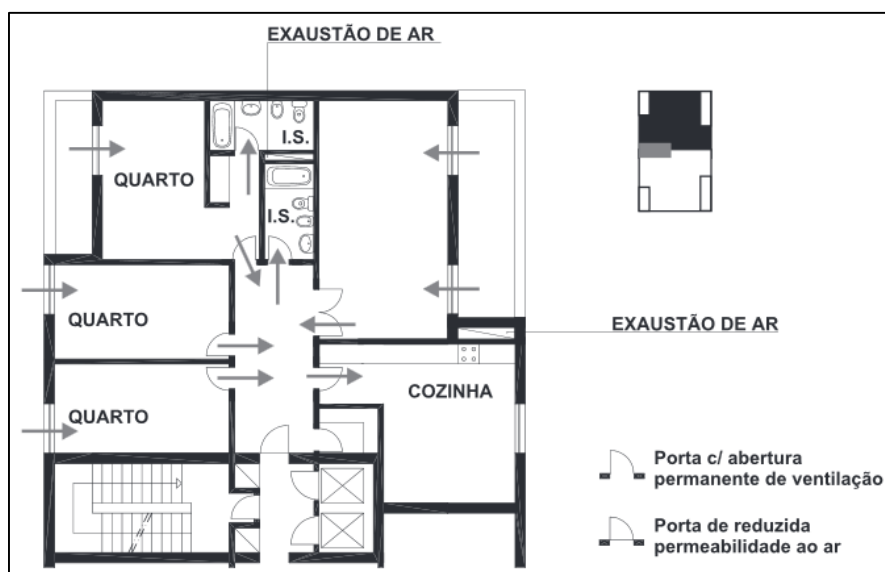


Fig.2.17 – Esquema de ventilação geral e permanente[8]

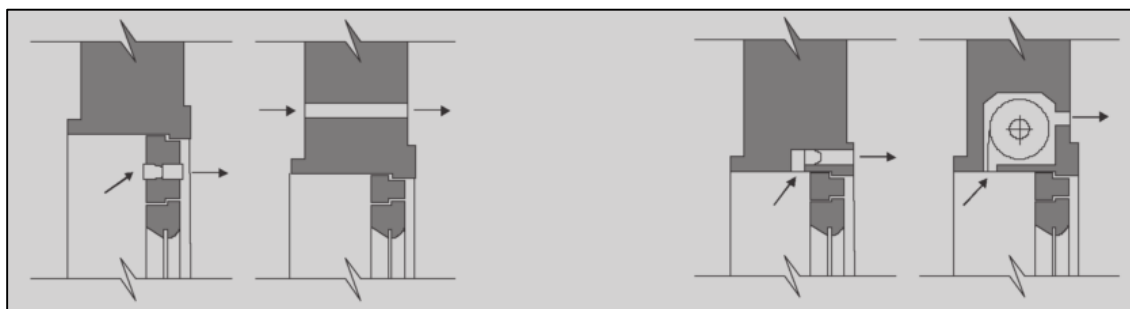


Fig.2.18 – Aberturas de admissão de ar em paredes de fachada – posições mais aconselháveis[5]

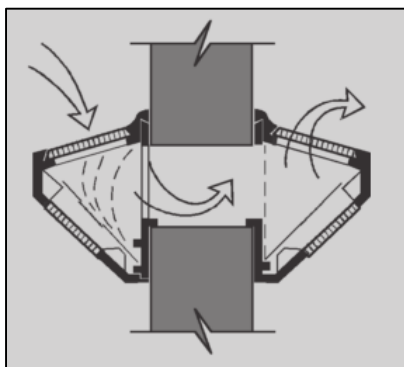


Fig.2.19 – Aberturas Auto-reguláveis[5]

#### 2.3.8. MELHORIAS DE SISTEMAS DE CLIMATIZAÇÃO

Sendo Portugal um país de clima ameno, será de prever que para um edifício que cumpra os requisitos regulamentares no qual os habitantes utilizem adequadamente os mecanismos de controlo natural do ambiente anterior as necessidades de aquecimento e arrefecimento serão limitadas.

Para a seleção destes sistemas, a sua instalação deverá ter em conta a permanência dos espaços da habitação e as necessidades térmicas. Neste caso, na reabilitação de edifícios sem sistemas de climatização poderá ser ponderada a instalação de climatização fixa (aquecimento central com distribuição de água



quente). Para edifícios que, para além de aquecimento, necessitem de arrefecimento será ponderada a instalação de bomba de calor. Caso o edifício contenha sistema de climatização, e este apresente um desempenho deficiente ou inoperacional deverá ser substituído ou reabilitado. A incorporação de recuperador de calor deverá ser tida em conta, pois para além de melhorarem a eficiência energética, aquecem as outras divisões da habitação podendo desta forma ser fonte de calor de um sistema de aquecimento centralizado[6], tendo como vantagens a facilidade de instalação e utilização, seguro, baixo custo e ecológicas.

## 2.4. APOIOS À EFICIÊNCIA ENERGÉTICA DE EDIFÍCIOS

No atual panorama nacional em que cada vez mais é incutida a necessidade de cumprimento de metas de eficiência energética, elaboração de projetos com orçamentos muito limitados ou até mesmo limitações a recursos financeiros, foram criados apoios para que o mercado da reabilitação fosse dinamizado, apesar de não serem suficientes para que se mantenha o parque habitacional em bom estado de durabilidades, contudo não deixa de ser a alavanca que a reabilitação necessita.

Segundo a ADENE – Agência para a Energia, os apoios financeiros vindos de fundo europeus que são disponibilizados para programas de eficiência energética, são:

- **Fundo de Eficiência Energética – FEE:** Criado pelo Decreto -Lei n.º 50/2010, de 20 de maio, e regulamentado pela Portaria n.º 26/2011, de 10 de janeiro, destinado a apoiar especificamente as medidas do Plano Nacional de Ação para a Eficiência Energética - PNAEE;
- **Fundo de Apoio à Inovação - FAI:** Criado pelo Despacho n.º 32276 -A/2008, de 17 de dezembro de 2008, que aprovou igualmente o seu Regulamento de Gestão, posteriormente alterado pelo Despacho n.º 13415/2010, de 19 de agosto de 2010, e pelo Despacho do Secretário de Estado da Energia, de 5 de julho de 2012, que alargou o âmbito de aplicação do FAI a projetos de investimento em eficiência energética;
- **Plano de Promoção da Eficiência no Consumo de Energia Elétrica - PPEC:** Promovido pela Entidade Reguladora dos Serviços Energéticos (ERSE) no quadro do Plano Nacional para as Alterações Climáticas - PNAC;
- **Fundo Português de Carbono - FPC:** Criado pelo Decreto -Lei n.º 71/2006, de 24 de março, destinado a apoiar, entre outros, projetos que conduzam à redução de emissões de gases com efeito de estufa;
- **Quadro de Referência Estratégico Nacional - QREN** e outros instrumentos financeiros comunitários, tais como a **iniciativa Joint European Support for Sustainable Investment in City Areas (JESSICA)**, focalizado para a reabilitação e desenvolvimento urbano sustentável, tendo como áreas prioritárias, a regeneração de infraestruturas urbanas e equipamentos, a eficiência energética e energias renováveis, a revitalização de economia urbana, especialmente PME e empresas inovadoras e dotando as áreas urbanas de tecnologias de informação e comunicação.

E ainda, o “regime de exceção” atual criado pelo Decreto-Lei n.º 53/2014, de 8 de abril, que prevê a dispensa de cumprimento de determinados requisitos resultantes dos regimes jurídicos em vigor sobre acessibilidades, requisitos acústicos, eficiência energética e qualidade térmica, instalações de gás e infraestruturas de telecomunicações em edifícios. Promovendo uma política urbana capaz de responder às necessidades e recursos de hoje, para um edificado existente que importa recuperar tornando-o mais atrativo e capaz de gerar riqueza agora e no futuro.



## 3. A CERTIFICAÇÃO ENERGÉTICA E A NOVA REGULAMENTAÇÃO EM VIGOR (REH)

### 3.1. A EVOLUÇÃO DA CERTIFICAÇÃO ENERGÉTICA

#### 3.1.1. EVOLUÇÃO REGULAMENTAR

Com o evoluir do ser humano, evoluiu também a forma como a sociedade olha para as suas condições de higiene e conforto nos seus edifícios e consequentemente dessa evolução resulta o aumento do consumo de energia para satisfazer as suas exigências quer na estação de aquecimento e arrefecimento. Para tal, pensou-se na implementação de um mecanismo legal para que houvesse uma consciencialização das condições térmicas e energéticas dos edifícios.

Assim em 1990, em Portugal, constituiu-se o Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios (RCCTE), uma base regulamentar na qual resultaram medidas quanto à utilização de energia nos edifícios tendo em conta as condições climatéricas nacionais e visando uma melhoria das condições de conforto sem qualquer aumento de consumo de energia[9]. Saindo dois parâmetros básicos deste regulamento, sendo o valor das necessidades em energia na estação de aquecimento e o valor das necessidades em energia na estação de arrefecimento,  $N_{ic}$  e  $N_{vc}$ , respetivamente. Embora pouco exigente, este primeiro regulamento introduziu o recurso ao isolamento térmico na construção e foi o primeiro regulamento europeu a considerar o conforto de verão[10].

Em 1998, também em Portugal, surge o Regulamento dos Sistemas Energéticos de Climatização em Edifícios (RSECE), no qual foi estabelecido limites e restrições na instalação de utilização de equipamentos e sistemas[10].

Contudo, estes dois regulamentos não foram suficientes para a redução dos gastos de energia nos edifícios, apesar dos esforços o consumo de energia continuava alto.

Com o aumento das preocupações ambientais, a comissão europeia apresentou uma diretiva, que vinha a ser aprovada a 16 de dezembro de 2002, designada por Diretiva Europeia 2002/91/CE. Diretiva essa que foi desenvolvida com o intuito de tornar o edificado europeu mais sustentável, focando o aumento da exigência regulamentar da qualidade térmica dos edifícios novos de forma a reduzir o consumo de energético e identificação de melhorias de eficiência energética a adotar em edifícios existentes[11], baseando-se nos seguintes objetivos[12]:

- Aplicação de uma metodologia de cálculo adequada e atualizada do desempenho energético dos edifícios;
- Aplicação de requisitos mínimos para o desempenho energético dos novos edifícios;
- Aplicação de requisitos mínimos para o desempenho energético de grandes edifícios existentes que sejam sujeitos a importantes obras de renovação;

- Certificado energético de edifícios;
- Inspeção regular de caldeiras e instalações de ar considerado nos edifícios e, complementarmente, uma avaliação de instalações de aquecimento quando as instalações têm mais de 15 anos.

Posto isto, em 2006, Portugal teve de rever a regulamentação no domínio da térmica, por transposição da Diretiva 2002/91/CE, resultando na publicação de três documentos, que estiveram em vigor até 30 de novembro de 2013, sendo eles o Decreto-Lei n.º78/2006 que implementava o Sistema Nacional de Certificação Energética e da Qualidade do Ar no Interior dos Edifícios (SCE), o Decreto-Lei n.º79/2006 que fez a revisão do Regulamento dos Sistemas Energéticos de Climatização dos Edifícios (RSECE) e o Decreto-Lei n.º80/2006 que fez a revisão do Regulamento do Comportamento das Características Térmicas dos Edifícios (RCCTE). Com esta reformulação foi acrescentado ao RCCTE as necessidades de energia para a preparação de águas quentes sanitárias, apoiado em valores climáticos atuais, devido à obrigação de instalação de equipamentos que recorram a energias renováveis. E ainda estabelecia valores máximos para necessidades nominais de energia útil de aquecimento e arrefecimento e de preparação de AQS, bem como para as necessidades globais de energia primária, os quais não poderiam ser excedidos para qualquer edifício de habitação ou serviço[11].

Quatro anos mais tarde, a comissão europeia aprova a Diretiva 2010/31/CE, que acaba por ser uma revisão da Diretiva 2002/91/CE, e com isto, por transposição da nova diretiva, surge em Portugal o Decreto-Lei n.º118/2013 de 20 de agosto, que vem trazer melhorias ao nível de sistematização e de âmbito de aplicação, concentrando, num só diploma, o Sistema de Certificação Energética dos Edifícios (SCE), o Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Habitação (REH) e o Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Comércio e Serviço (RECS)[13], documentos que vigoram desde 1 de dezembro de 2013.

### 3.1.2. CERTIFICADO E CLASSES DE DESEMPENHO ENERGÉTICO

O Sistema Certificação Energética dos Edifícios (SCE) dá a conhecer aos cidadãos toda a informação sobre os consumos energéticos bem como a qualidade térmica dos edifícios, para tal há que haver um documento que ateste e comprove que a habitação está apta e cumpre a regulamentação em vigor, sendo esse documento, o certificado energético (Fig.3.1.), emitido por peritos qualificados autorizados pela ADENE para cada edifício ou fração autónoma, que abarca diversas informações tais como, “*identificação do imóvel, ano da construção, a etiqueta de desempenho energético, validade do certificado, uma descrição sucinta do imóvel, descrição dos equipamentos de aquecimento, arrefecimento e produção de águas quentes sanitárias, valores de referência regulamentares (para que os consumidores possam comparar e avaliar o desempenho energético do edifício), resumo/síntese de eventuais medidas de melhoria propostas*”[14]. Acabando por ser um documento de referência organizado e simples, válido por 10 anos, ajudando o proprietário a delinear uma estratégia em prol da eficiência e sustentabilidade.



Fig.3.1. – Exemplo de um certificado energético (Fonte ADENE)

A classificação de um edifício tem como base uma escala de classes pré-definida (Fig.3.2.), sendo elas (A+, A, B, B-, C, D, E, F), em que a classe A+ corresponde a um edifício com melhor desempenho energético e uma classe F corresponde a um edifício com pior desempenho energético. Os novos edifícios são classificados com classes que variam da classe A+ a B- e para edifícios existentes qualquer uma das classes. Quanto à metodologia de cálculo para a determinação de respetiva classe energética em que o imóvel se encontra, esta é calculada segundo a fórmula 3.1. e apresentada a escala de classes energéticas para edifícios de habitação (tabela.3.1.).

$$R_{Nt} = \frac{Ntc}{Nt} \quad (3.1.)$$

sendo,

Ntc – Necessidades anuais globais estimadas de energia primária para climatização e águas quentes [kWh<sub>ep</sub>/(m<sup>2</sup>.ano)]

Nt – o valor máximo para as necessidades nominais anuais de energia primária [kWh<sub>ep</sub>/(m<sup>2</sup>.ano)]



Fig.3.2. – Classes Energéticas (Fonte: ADENE)

Tabela.3.1. – Classes energéticas (Fonte: ADENE)

Classe Energética	$R = N_{tc}/N_t$
A+	$R_{Nt} \leq 0,25$
A	$0,25 < R_{Nt} \leq 0,50$
B	$0,50 < R_{Nt} \leq 0,75$
B-	$0,75 < R_{Nt} \leq 1,00$
C	$1,00 < R_{Nt} \leq 1,50$
D	$1,50 < R_{Nt} \leq 2,00$
E	$2,00 < R_{Nt} \leq 2,50$
F	$R_{Nt} > 2,51$

### 3.2. ÂMBITO DO REH

O atual regulamento tem como objetivo estabelecer requisitos para edifícios de habitação, novos ou sujeitos a intervenções, bem como os parâmetros e metodologias de caracterização do desempenho energético, no sentido de promover a melhoria do respetivo comportamento térmico, a eficiência dos seus sistemas técnicos e a minimização de riscos de condensações superficiais nos elementos da envolvente[13].

Para edifícios de habitação, este regulamento aplica-se nas seguintes situações[13]:

- Projeto e construção de edifícios novos;
- Grande intervenção na envolvente ou nos sistemas técnicos dos edifícios existentes;
- Avaliação energética de edifícios novos, sujeitos a grande intervenção e existentes, no âmbito do SCE.

A aplicação do REH deverá ser verificada[13]:

- No caso de edifícios de habitações unifamiliares, para a totalidade do edifício;
- No caso de edifícios de habitação multifamiliares, para cada fração constituída;

- No caso de edifícios mistos, para frações destinadas a habitação, independentemente da aplicação do RECS às restantes frações.

É ainda de ressaltar que se exclui a aplicação deste regulamento a, edifícios não destinados a habitação e a monumentos ou a edifícios individualmente classificados ou em vias de classificação, nos termos do Decreto -Lei n.º 309/2009, de 23 de outubro, alterado pelos Decretos -Leis n.ºs 115/2011, de 5 de dezembro e 265/2012, de 28 de dezembro, e aqueles a que seja reconhecido especial valor arquitetónico ou histórico pela entidade licenciadora ou por outra entidade competente para o efeito e os edifícios integrados em conjuntos ou sítios classificados ou em vias de classificação, ou situados dentro de zonas de proteção, nos termos do Decreto – Lei n.º 309/2009, de 23 de outubro, alterado pelos Decretos-Leis n.ºs 115/2011, de 5 de dezembro e 265/2012, de 28 de dezembro, quando seja atestado pela entidade licenciadora ou por outra entidade competente para o efeito que o cumprimento de requisitos mínimos de desempenho energético é suscetível de alterar de forma inaceitável o seu caráter ou o seu aspeto[13].

### **3.3. CONCEITOS E METODOLOGIA DA NOVA REGULAMENTAÇÃO PARA EDIFÍCIOS NOVOS E EXISTENTES**

#### **3.3.1. BREVE INTRODUÇÃO**

Neste subcapítulo será descrita toda a metodologia da nova regulamentação para o cálculo térmico e energético, bem como os seus requisitos mínimos para edifícios novos e existentes. No entanto o presente trabalho irá focar-se só nos edifícios existentes e nas intervenções de reabilitação energética.

Para esse cálculo, no desenvolvimento do Decreto-Lei n.º 118/2013, é necessário recorrer ao anexo da portaria n.º249-B/2013, à portaria n.º249-C/2013, bem como às diferentes partes do despacho nº15793 - C/2013, D/2013, F/2013, H/2013, I/2013, J/2013 e K/2013[15].

É importante referir que nesta metodologia, existem algumas simplificações válidas para o cálculo térmico e energético de edifícios existentes em situações que se verifique impossibilidade ou alguma limitação no acesso a melhor informação, com fim de tornar esse cálculo mais simples e prático.

Para edifícios de habitação existentes sujeitos a grande intervenção, a Portaria 349-B exige que seja verificada a relação entre os valores de necessidades nominais e o seu limite, de energia útil para aquecimento, arrefecimento e energia primária para os coeficientes indicados na fig. 3.18 e em função do ano de construção[16]. Esta relação vem trazer uma determinada margem de tolerância para os edifícios que não consigam cumprir na totalidade do regulamento, por questões arquitetónicas, dimensionais e até mesmo por questões económicas de forma a não comprometer o setor da reabilitação.

Para dar início a esta metodologia, quando se procede a uma intervenção é fundamental realizar um levantamento dimensional, correspondendo assim à realidade da construção, tendo sempre o mais completo possível toda a informação dos elementos de projeto do respetivo edifício, caso contrário este levantamento deverá ser efetuado no local.

Apresentar-se-á de seguida a metodologia para a determinação dos parâmetros necessários para determinar a classe energética para edifícios existentes, bem como os requisitos de comportamento térmico e eficiência de sistemas técnicos.

## 3.3.2. DADOS CLIMÁTICOS PARA PORTUGAL

Com o novo regulamento em vigor, o zonamento climático ficou alterado, em relação ao considerado pelo RCCTE (DL n.º80/2006), tendo como base na Nomenclatura das Unidades Territoriais para Fins Estatísticos (NUTS) de nível III, cuja composição é feita por municípios de acordo com [17] o Decreto-Lei n.º 68/2008 de 14 de abril de 2008, entretanto alterado pelo Decreto-Lei n.º85/2009, de 3 de abril e pela Lei n.º 21/2010 de 23 de agosto.

Estando o país dividido em três zonas climáticas de inverno (I1,I2,I3) e três zonas climáticas de verão (V1,V2,V3), é a partir do número de graus-dias (GD) que se definem as zonas climática de inverno (Tabela 3.2 e Fig. 3.2) e a partir da temperatura média exterior ( $\theta_{ext,v}$ ) que se definem as zonas climáticas de verão (Tabela 3.3 e Fig. 3.2).

Tabela 3.2: Critério para a determinação da zona climática de inverno[17]

Critério	$GD \leq 1300$	$1300 < GD \leq 1800$	$GD > 1800$
Zona	I1	I2	I3

Tabela 3.3: Critério para a determinação da zona climática de verão[17]

Critério	$\theta_{ext,v} \leq 20^{\circ}\text{C}$	$20^{\circ}\text{C} < \theta_{ext,v} \leq 22^{\circ}\text{C}$	$\theta_{ext,v} > 22^{\circ}\text{C}$
Zona	V1	V2	V3

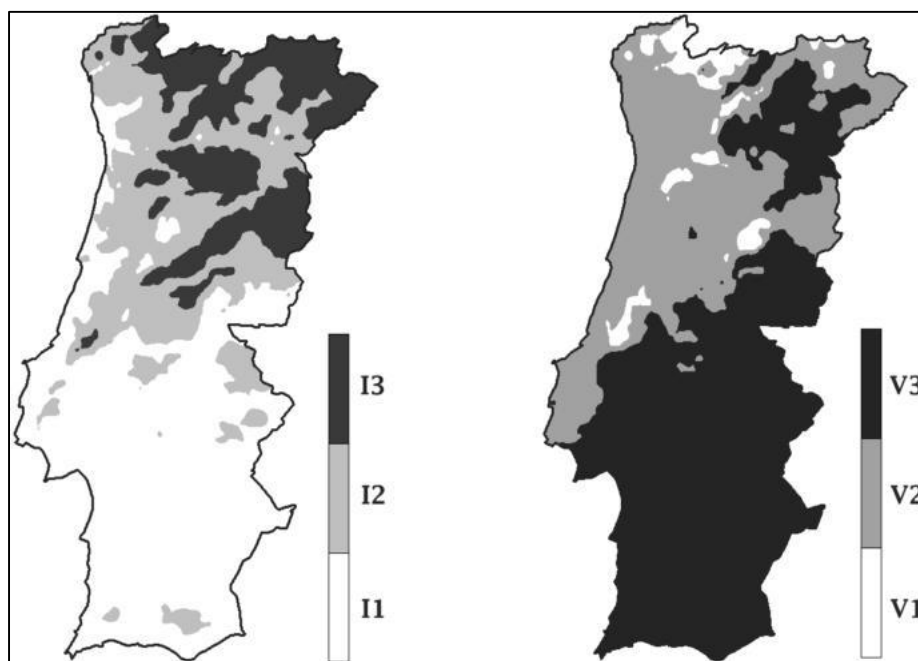


Fig.3.3. – Zonas climáticas de inverno (esquerda) e de verão (direita)[17]

Por sua vez, o número de graus-dia (GD) de cada local é definido em função de valores de referência de GD tabelados para a NUTS III em que se incluem, procedendo-se a uma correção em função da diferença de altitude, entre o local de implantação e a altitude de referência da NUTS III[18], conforme a seguinte equação:



$$X = X_{\text{REF}} + \alpha(z - z_{\text{REF}}) \quad (3.2.)$$

em que:

$X$  – parâmetros climáticos;

$X_{\text{REF}}$  - Valor de referência do parâmetro climático;

$\alpha$  – Declive associado ao parâmetro climático;

$z$  – Altitude do local onde se situa o edifício;

$z_{\text{REF}}$  – Altitude de referência.

Esta correção aplica-se ainda ao parâmetro  $M$  (duração da estação de aquecimento) e ao parâmetro  $\theta_{\text{ext,i}}$  (temperatura exterior média do mês mais frio) e ao parâmetro  $\theta_{\text{ext,v}}$  (temperatura exterior média do mês mais quente)[18].

### 3.3.3. QUANTIFICAÇÃO DE PARÂMETROS TÉRMICOS

#### 3.3.3.1 Coeficiente de transmissão térmica superficial – $U$

O valor do coeficiente de transmissão térmica ( $U$ ) de um elemento caracteriza a transferência de calor que ocorre entre os ambientes ou meios que este separa e o seu cálculo deve de ser determinado de acordo com normas europeias em vigor.

Este valor de  $U$  de elementos constituídos por um ou vários materiais, em camadas de espessura constante, é determinado pela seguinte fórmula:

$$U = \frac{1}{R_{si} + \sum_j R_j + R_{se}} \quad [\text{W}/(\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C})] \quad (3.3)$$

$$R_i = \frac{e_i}{\lambda_i} \quad [(\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C})/\text{W}] \quad (3.4)$$

em que:

$R_j$  – resistência térmica da camada  $j$ ,  $[(\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C})/\text{W}]$

$R_{si}$  – Resistência térmica interior,  $[(\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C})/\text{W}]$

$R_{se}$  – Resistência térmica exterior,  $[(\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C})/\text{W}]$

$e$  – Espessura do elemento  $[\text{m}]$

$\lambda_i$  – Condutibilidade térmica do material  $[(\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C})/\text{W}]$

Nota: no cálculo de coeficiente de transmissão térmica de um elemento que separa um espaço interior de um espaço não útil ou de um edifício adjacente, devem ser consideradas duas resistências térmicas superficiais,  $R_{si}$ , uma correspondente ao interior da fração e outra ao interior do espaço não útil[19].

#### 3.3.3.2. Coeficiente de redução de perdas

Para o cálculo deste coeficiente de redução de perdas,  $b_{tr}$  pode-se admitir os valores de 0,8 para todos os espaços não úteis e 0,6 para edifícios adjacentes. Caso se aplique esta simplificação descrita no despacho.º15793-E/2013, estes valores deverão ser considerados valores de referência de  $b_{tr}$ . Caso contrário

os valores de  $b_{tr}$  deverão ser calculados conforme a metodologia apresentada no despacho n.º 15793-K/2013 não podendo aplicar a simplificação.[20]

Sendo determinado com base na EN ISO 13789 e calculado com base na seguinte expressão:

$$b_{tr} = \frac{\theta_{int} - \theta_{enu}}{\theta_{int} - \theta_{ext}} \quad (3.5)$$

em que,

$\theta_{int}$  – Temperatura interior, [°C]

$\theta_{enu}$  – Temperatura do local não aquecido, [°C]

$\theta_{ext}$  – Temperatura ambiente exterior, [°C]

Caso seja impossível conhecer com precisão o valor da temperatura do local não útil, admite-se que para alguns tipos de espaços não uteis  $b_{tr}$ , pode-se tomar valores indicados na figura 3.4. em função da taxa de renovação do ar, da razão  $A_i/A_u$  e do volume do espaço não útil.

$b_{tr}$	$V_{enu} \leq 50\text{m}^3$		$50\text{m}^3 < V_{enu} \leq 200\text{m}^3$		$V_{enu} > 200\text{m}^3$	
	f	F	f	F	f	F
$A_i/A_u < 0,5$	1,0		1,0		1,0	
$0,5 \leq A_i/A_u < 1$	0,7	0,9	0,8	1,0	0,9	1,0
$1 \leq A_i/A_u < 2$	0,6	0,8	0,7	0,9	0,8	1,0
$2 \leq A_i/A_u < 4$	0,4	0,7	0,5	0,9	0,6	0,9
$A_i/A_u \geq 4$	0,3	0,5	0,4	0,8	0,4	0,8

Fig.3.4. – Tabela de coeficientes de redução de perdas de espaços não úteis,  $b_{tr}$ [19]

Nota: Para espaços fortemente ventilados, o valor de  $b_{tr}$  deverá ser de 1,0.

$A_i$  – Somatório das áreas dos elementos que separam o espaço interior útil do espaço não útil.

$A_u$  – Somatório das áreas dos elementos que separam o espaço não útil do exterior.

$V_{enu}$  – Volume do espaço não útil.

### 3.3.3.3. Coeficiente de transmissão térmica linear

Este coeficiente pode-se determinar de três formas distintas, de acordo com a norma EN ISO 10211, com recurso a catálogos de pontes térmicas para um leque de diferentes geometrias e soluções construtivas, ou então com recurso aos valores indicados na figura 3.5, presente no despacho nº15793-K/2013 do novo regulamento.

Tipo de ligação		Sistema de isolamento das paredes		
		Isolamento interior	Isolamento exterior	Isolamento repartido ou na caixa de ar de parede dupla
Fachada com pavimentos térreos		0,80	0,70	0,80
Fachada com pavimento sobre o exterior ou local não aquecido	Isolamento sob o pavimento	0,75	0,55	0,75
	Isolamento sobre o pavimento	0,10	0,50	0,35
Fachada com pavimento de nível intermédio <sup>(1)</sup>		0,60	0,15 <sup>(2)</sup>	0,50 <sup>(3)</sup>
Fachada com varanda <sup>(1)</sup>		0,60	0,60	0,55
Fachada com cobertura	Isolamento sob a laje de cobertura	0,10 <sup>(4)</sup>	0,70	0,60
	Isolamento sobre a laje de cobertura	1,0	0,80	1,0
Duas paredes verticais em ângulo saliente		0,10	0,40	0,50
Fachada com caixilharia	O isolante térmico da parede contacta com a caixilharia	0,10	0,10	0,10
	O isolante térmico da parede não contacta com a caixilharia	0,25	0,25	0,25
Zona da caixa de estores		0,30	0,30	0,30

<sup>(1)</sup> Os valores apresentados dizem respeito a metade da perda originada na ligação.

<sup>(2)</sup> <sup>(3)</sup> <sup>(4)</sup> Majorar quando existe um teto falso em: <sup>(2)</sup> 25%; <sup>(3)</sup> 50%; <sup>(4)</sup> 70%.

Fig.3.5. - Tabela de valores por defeito para os coeficientes de transmissão térmica lineares  $\psi$  [W/(m.°C)][19]

Nota: Nas paredes de compartimentação que intersectem paredes, coberturas, pavimentos em contacto com o exterior ou espaços não úteis e paredes interiores que façam a divisão do ENU de um espaço útil, desde que  $b_{tr} \leq 0,7$ , não se contabilizam pontes térmicas lineares.

#### 3.3.3.4. Coeficiente de absorção da radiação solar

Este coeficiente de absorção de radiação solar  $\alpha$ , diz respeito à superfície exterior de um elemento opaco e é fundamental para o cálculo de ganhos solares na estação de arrefecimento, em paredes e coberturas em função da cor do revestimento da superfície exterior do elemento, segundo a figura 3.6[19]:

Cor	$\alpha$
Clara (branco, creme, amarelo, laranja, vermelho-claro)	0,4
Média (vermelho-escuro, verde-claro, azul claro)	0,5
Escura (castanho, verde-escuro, azul-vivo, azul-escuro)	0,8

Fig.3.6. - Tabela de coeficiente de absorção da radiação solar[19]

No caso de existirem paredes com fachadas ventiladas, além do coeficiente de absorção de radiação solar, deve ser tido em conta o fator que exprime o efeito da emissividade das faces interiores do revestimento e do grau de ventilação da caixa-de-ar (fig. 3.7). No caso de coberturas em desvão, além do coeficiente de absorção acima referido deve ser tido em conta o fator que exprime o efeito da emissividade da face interior da cobertura e do grau de ventilação do desvão (fig. 3.8)[19]

Elemento	Fator
Face interior do revestimento exterior de baixa emissividade e/ou caixa de ar fortemente ventilada	0,10
Outros casos	0,25

Fig.3.7. - Relação entre o valor do coeficiente de absorção a considerar no cálculo dos ganhos de calor através de uma fachada ventilada e o valor do coeficiente de absorção do paramento exterior da fachada[19].

Desvão	Emissividade	Fator
Fortemente ventilado	Normal	0,8
	Baixa	0,7
Fracamente ventilado	Normal	1,0
	Baixa	0,9
Não ventilado	Normal	1
	Baixa	

Fig.3.8. - Razão entre o valor do coeficiente de absorção a considerar no cálculo dos ganhos de calor através de uma cobertura em desvão e o valor do coeficiente de absorção da cobertura exterior[19].

### 3.3.3.5. Fatores solares e de obstrução dos vãos envidraçados

Quanto aos ganhos térmicos através dos vãos envidraçados, quer na estação de aquecimento quer na estação de arrefecimento, pode-se considerar uma incidência da radiação solar normal à superfície do vão, corrigida de um fator que traduz a variação dessa radiação consoante a orientação do vão,  $F_w$ . O fator solar do vão envidraçado em estudo deve ser fornecido pelo fabricante, caso não seja possível aceder a esta informação, o novo regulamento apresenta valores do fator solar de várias composições de vidros típicos (fig. 3.9) e valores do fator solar de vãos com vidro corrente e dispositivos de proteção solar, permanente, ou móvel totalmente ativado ( $g_{Tvc}$ ), para vidros simples ou duplos (fig.3.10)[19].

Composição do vidro		$g_{L,vi}$
Vidro Simples	Incolor 4mm	0,88
	Incolor 5mm	0,87
	Incolor 6mm	0,85
	Incolor 8mm	0,82
	Colorido na massa 4mm	0,70
	Colorido na massa 5mm	0,65
	Colorido na massa 6mm	0,60
	Colorido na massa 8mm	0,50
	Refletante Incolor 4 a 8mm	0,60
	Refletante colorido na massa 4 a 5mm	0,50
	Refletante colorido na massa 6 a 8mm	0,45
	Fosco	(1)
Vidro Duplo (ext + int)	Incolor 4 a 8mm + Incolor 4 mm	0,78
	Incolor 4 a 8mm + Incolor 5 mm	0,75
	Colorido na massa 4mm + Incolor 4 a 8 mm	0,60
	Colorido na massa 5mm + Incolor 4 a 8 mm	0,55
	Colorido na massa 6mm + Incolor 4 a 8 mm	0,50
	Colorido na massa 8mm Incolor 4 a 8 mm	0,45
	Refletante Incolor 4 a 8mm + Incolor 4 a 8 mm	0,52
	Refletante colorido na massa 4 a 5mm + Incolor 4 a 8 mm	0,40
	Refletante colorido na massa 6 a 8mm + Incolor 4 a 8 mm	0,35
	Tijolo de Vidro	0,57
	Fosco	(1)

(1) – Nas situações de vidro foscado, podem ser utilizados valores de fator solar correspondentes às soluções de vidro incolor de igual composição.

Fig.3.9. - Tabela indicativa do fator solar do vidro para uma incidência solar normal ao vão,  $g_{L,vi}$  [19].

Tipo de Proteção		$g_{Tvc}$					
		Vidro Simples			Vidros Duplos		
		Clara	Média	Escura	Clara	Média	Escura
Proteções exteriores	Portada de madeira	0,04	0,07	0,09	0,03	0,05	0,06
	Persiana de réguas de madeira	0,05	0,08	0,10	0,04	0,05	0,07
Proteções exteriores	Persiana de réguas metálicas ou plásticas	0,07	0,10	0,13	0,04	0,07	0,09
	Estore veneziano de lâminas de madeira	-	0,11	-	-	0,08	-
	Estore veneziano de lâminas metálicas	-	0,14	-	-	0,09	-
	Lona opaca	0,07	0,09	0,12	0,04	0,06	0,08
	Lona pouco transparente	0,14	0,17	0,19	0,10	0,12	0,14
	Lona muito transparente	0,21	0,23	0,25	0,16	0,18	0,2
Proteções interiores	Estores de lâminas	0,45	0,56	0,65	0,47	0,59	0,69
	Cortinas opacas	0,33	0,44	0,54	0,37	0,46	0,55
	Cortinas ligeiramente transparentes	0,36	0,46	0,56	0,38	0,47	0,56
	Cortinas transparentes	0,38	0,48	0,58	0,39	0,48	0,58
	Cortinas muito transparentes	0,70	-	-	0,63	-	-
	Portadas opacas	0,30	0,40	0,50	0,35	0,46	0,58
	Persianas	0,35	0,45	0,57	0,40	0,55	0,65
	Proteção entre dois vidros: estore veneziano, lâminas delgadas	-	-	-	0,28	0,34	0,40

Fig.3.10. - Tabela com valores correntes do fator solar de vãos envidraçados com vidro corrente e dispositivos de proteção solar,  $g_{Tvc}$  [19]

O fator solar global,  $g_T$ , de um vão envidraçado com proteções totalmente ativadas, calcula-se através da seguinte formulação geral:

a) para vidro simples:

$$g_T = g_{\perp,vi} \times \prod_i \frac{g_{Tvc}}{0,85} \quad (3.6)$$

b) para vidro duplo:

$$g_T = g_{\perp,vi} \times \prod_i \frac{g_{Tvc}}{0,75} \quad (3.7)$$

em que:

$g_{Tvc}$  – Fator solar do vão envidraçado com vidro corrente e um dispositivo de proteção solar, permanente, ou móvel totalmente ativado, para uma incidência solar normal à superfície do vidro conforme a figura 3.10.

$g_{\perp,vi}$  – fator solar do vidro para uma incidência solar normal à superfície do vidro.

No produtório das equações apresentadas devem ser consideradas as proteções solares existentes do exterior para o interior até à primeira proteção solar opaca, inclusive.

Segundo o REH- Portaria nº349-B/2013, nos envidraçados cujo somatório das áreas dos vãos envidraçados seja superior a 5% da área de pavimento servido por estes e desde que não orientados no quadrante Norte inclusive, o fator solar global do vão envidraçado com os dispositivos de proteção 100% ativados ( $g_T$ ) deve respeitar as seguintes condições:

a) Se  $A_{env} \leq 15\% A_{pav}$

$$g_T \times F_o \times F_f \leq g_{T_{máx}} \quad (3.8)$$

b) Se  $A_{env} > 15\% A_{pav}$

$$g_T \times F_o \times F_f \leq g_{T_{máx}} \times \frac{0,15}{\left( \frac{A_{env}}{A_{pav}} \right)} \quad (3.9)$$

em que,

$g_T$  - Fator solar global do vão envidraçado com todos os dispositivos de proteção solar, permanentes, ou móveis totalmente ativados;

$F_o$  e  $F_f$  - Fatores de sombreamento por elementos horizontais e verticais, respetivamente;

$g_{T_{máx}}$  - Fator solar global máximo admissível, obtido na fig.3.11;

$A_{env}$  - Soma das áreas dos vãos envidraçados que servem o compartimento [ $m^2$ ];

$A_{pav}$  - Área de pavimento do compartimento servido pelo(s) vão(s) envidraçado(s) [ $m^2$ ]

$g_{T_{máx}}$	Zona climática		
Classe de Inércia	V1	V2	V3
Fraca	0,15	0,10	0,10
Média	0,56	0,56	0,50
Forte	0,56	0,56	0,50

Fig.3.11. – Tabela com fatores solares máximos admissíveis de vãos envidraçados,  $g_{T_{máx}}$  [16]

#### 3.3.3.5.1. Fator solar do vão envidraçado na estação de aquecimento

Para o cálculo deste fator considera-se os dispositivos de proteção solar móveis totalmente abertos, de forma a maximizar o aproveitamento da radiação solar. Portanto este fator solar será  $g_i = g_{Tp}$ , que em caso de ausência de dispositivos de proteção permanentes, passará a ser igual ao fator solar do vidro afetado pelo fator de seletividade angular,  $g_i = F_{w,i} \cdot g_{\perp,vi}$  [19].

De referir que para esta estação o fator de seletividade angular toma o valor de 0,9.

## 3.3.3.5.2. Fator solar do vão envidraçado na estação de arrefecimento

Enquanto o fator acima referido pretende maximizar a incidência de radiação solar, este por outro lado, pretende minimizar essa radiação, considerando os dispositivos de proteção solar móveis ativos uma fração de tempo dependendo do quadrante em que se encontram[19].

$$g_v = F_{mv} \cdot g_T + (1 - F_{mv}) \cdot g_{Tp} \quad (3.10)$$

em que:

$F_{mv}$  – Fração de tempo em que os dispositivos de proteção solar móveis se encontram totalmente ativados (tabela 3.12).

$g_T$  – Fator solar global do vão envidraçado com todos os dispositivos de proteção solar, permanentes, ou móveis totalmente ativados

$g_{Tp}$  – Fator solar global do envidraçado com todos os dispositivos de proteção solar permanentes existentes.

Na ausência de dispositivos de proteção solar fixos,  $g_{Tp}$  corresponde a  $F_{w,v} \cdot g_{\perp, vi}$ . E ainda, para esta estação, o fator de seletividade angular é contabilizado de acordo com a fig.3.13 e caso haja vãos envidraçados no plano horizontal este fator toma o valor de 0,9.

Orientação do vão	N	NE/NW	S	SE/SW	E/W	H
$F_{mv}$	0	0,4	0,6	0,7	0,6	0,9

Fig.3.12. - Tabela indicativa da fração de tempo em que os dispositivos móveis se encontram ativados[19]

Orientação do vão	$F_{w,v}$				
	N	NE/NW	S	SE/SW	E/W
Vidro plano simples	0,85	0,90	0,80	0,90	0,90
Vidro plano duplo	0,80	0,85	0,75	0,85	0,85

Fig.3.13. - Tabela indicativa com o fator de correção da seletividade angular dos envidraçados na estação de arrefecimento,  $F_{w,v}$ [19]

## 3.3.3.5.3. Fator de obstrução da radiação solar

O fator de obstrução dos vãos envidraçados,  $F_s$ , representa a redução de radiação incidente no vão devido ao sombreamento permanente causado por vários obstáculos, tais como, orografia, vegetação, outros edifícios ou até mesmo elementos do edifício, como palas e varandas. Este coeficiente é determinado através da seguinte expressão[19]:

$$F_s = F_h \cdot F_o \cdot F_f \quad (3.11)$$

em que:

$F_h$  – fator de sombreamento do horizonte por obstruções exteriores ao edifício ou por outros elementos do edifício.

$F_o$  – fator de sombreamento por elementos horizontais sobrejacentes ao vão envidraçado, complementando palas e varandas.

$F_f$  – fator de sombreamento por elementos verticais adjacentes ao vão envidraçado.

Nota: em nenhum caso o produto  $X_f \cdot F_h \cdot F_o \cdot F_f$  deve ser inferior a 0,27.



Encontram-se no REH (despacho nº 15793-K/2013) uma série de tabelas detalhadas de fácil compreensão para o cálculo destes fatores de sombreamento.

No entanto, o REH disponibiliza regras de simplificação aplicáveis à quantificação de ganhos solares brutos em edifícios existentes, dispensando uma avaliação rigorosa dos ângulos formados por elementos verticais ou horizontais sobrepostos aos vãos envidraçados, quer na estação de aquecimento quer na estação de arrefecimento, o produto  $F_s.F_g$  poderá ser calculado de acordo com as seguintes tabelas, respetivamente. Mantendo sempre a condição de que o produto  $X_j.F_s$  nunca deverá ser inferior a 0,27[20].

Tabela 3.4 – Valores do produto  $F_s.F_g$  para o cálculo das necessidades de aquecimento em edifícios existente[20]

Parâmetro	Regra de Simplificação	Regra de Aplicação
Produto $F_s.F_g$	Sem sombreamento $F_s.F_g=0,63$ ( $F_s=0,90$ ; $F_g=0,70$ )	- Envidraçados orientados a norte;  - Envidraçados nas restantes orientações, sem obstruções do horizonte e sem palas.
	Sombreamento Normal/Standard $F_s.F_g=0,32$ ( $F_s=0,45$ ; $F_g=0,70$ )	- Envidraçados não orientados a Norte, com obstruções do horizonte ou palas que conduzam a um ângulo de obstrução inferior ou igual a 45°.
	Fortemente sombreado $F_s.F_g=0,19$ ( $F_s=0,27$ ; $F_g=0,70$ )	- Envidraçados não orientados a Norte, com obstruções do horizonte ou palas que conduzam a um ângulo de obstrução claramente superior a 45°.

Tabela 3.5 – Valores do produto  $F_s.F_g$  para o cálculo das necessidades de arrefecimento em edifícios existente[20]

Parâmetro	Regra de Simplificação	Regra de Aplicação
Produto $F_s.F_g$	Sem sombreamento $F_s.F_g=0,63$	- Envidraçados orientados a norte;  - Envidraçados nas restantes orientações, sem palas horizontais.
	Sombreamento Normal/Standard $F_s.F_g=0,56$	- Envidraçados não orientados a Norte, com palas que conduzam a um ângulo de obstrução inferior ou igual a 45°.
	Fortemente sombreado $F_s.F_g=0,50$	- Envidraçados não orientados a Norte, com palas que conduzam a um ângulo de obstrução claramente superior a 45°.

### 3.3.4. INÉRCIA TÉRMICA

A determinação da classe de inércia térmica interior de um edifício existente deverá realizar-se conforme e seguinte hierarquia[20]:

- Preferencialmente, pela realização do cálculo rigoroso de acordo com o despacho nº15793-K/2013, com base nos valores de massa superficial das soluções e revestimentos implementados no edifício;
- Em alternativa, a classe de inercia térmica interior pode ser determinada de acordo com as condições descritas na fig. 3.14, com base nas soluções e revestimentos implementadas nos edifícios, considerando:
  - i. No caso de não se verificarem, os requisitos que definem a classe de inercia térmica Forte ou Fraca, deve-se considerar uma classe de inércia Média;
  - ii. Nas situações de dúvida entre o tipo de inércia Forte ou Média, deve-se optar pela inércia térmica Média;
  - iii. Nas situações de dúvida entre o tipo de inércia Média ou Fraca, deve-se optar pela inércia térmica Fraca.

Classe de Inércia Térmica Interior	Requisito
Fraca	<p>Caso se verifiquem cumulativamente as seguintes soluções:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Teto falso em todas as divisões ou pavimento de madeira ou esteira leve (cobertura);</li> <li>- Revestimento de piso do tipo flutuante ou pavimento de madeira;</li> <li>- Paredes de compartimentação interior em tabique ou gesso cartonado ou sem paredes de compartimentação;</li> </ul>
Média	<p>Caso não se verifiquem os requisitos necessários para se classificar a classe de inércia térmica em Forte ou Fraca.</p>
Forte	<p>Caso se verifiquem cumulativamente as seguintes soluções, sem aplicação de isolamento térmico pelo interior:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Pavimento e teto de betão armado ou pré-esforçado;</li> <li>- Revestimento de teto em estuque ou reboco;</li> <li>- Revestimento de piso cerâmico, pedra, parquet, alcatifa tipo industrial sem pelo, com exclusão de soluções de pavimentos flutuantes;</li> <li>- Paredes interiores de compartimentação em alvenaria com revestimentos de estuque ou reboco;</li> <li>- Paredes exteriores de alvenaria com revestimentos interiores de estuque ou reboco;</li> <li>- Paredes da envolvente interior (caixa de escadas, garagem, ...) em alvenaria com revestimentos interiores de estuque ou reboco</li> </ul>

Fig.3.14. - Tabela com as regras de simplificação aplicáveis à quantificação da inércia térmica interior para edifícios existentes[20]

### 3.3.5. TAXA DE RENOVAÇÃO DO AR

Sempre que um edifício esteja em conformidade com a norma de ventilação natural (NP 1037-1) ou norma de ventilação mecânica (NP 1037-2), o valor de  $R_{ph}$  a adotar é o valor indicado no projeto de ventilação requerido por essa mesma norma.

No entanto, poderão ser tomadas simplificações e adaptações, em que o LNEC disponibilizou uma ferramenta de cálculo do tipo folha de cálculo (Fig. 3.15), para utilização como referência para este efeito. Nesta folha de cálculo terão de ser introduzidos dados referentes a, enquadramento do edifício, permeabilidade e aberturas de admissão ao ar envolvente, condutas de ventilação natural, exaustão ou insuflação por meios mecânicos/híbridos de funcionamento prolongado, para que no final seja revelado o valor de  $R_{ph}$  nas duas estações e se verifique o critério de  $R_{ph}$  mínimo ( $\geq 0,4 \text{ h}^{-1}$ ).

Contudo, na estação de arrefecimento, não deverá ser utilizado um valor de  $R_{ph,v}$  inferior a  $0,6 \text{ h}^{-1}$ .

Caso o edifício disponha de um sistema de renovação do ar interior recorrendo a ventiladores eléctricos em funcionamento contínuo, e se verifique o bom funcionamento dos mesmos, a taxa de renovação horária poderá ser calculada através da expressão[20]:

$$R_{ph} = \frac{\dot{V}_{eva}}{A_p \cdot P_d} \quad (3.12)$$

em que:

$\dot{V}_{eva}$  – Caudal total de ar extraído, [ $\text{m}^3/\text{h}$ ]

$A_p$  – Área interior útil de pavimento, medida pelo interior, [ $\text{m}^2$ ]

$P_d$  – Pé-direito médio do edifício, [m]

Nota: Na ausência de informação do caudal de ar ou características das bocas de extração dos sistemas mecânicos, pode ser considerado um caudal extraído de  $45 \text{ m}^3/\text{h}$  em cada instalação sanitária e de  $100 \text{ m}^3/\text{h}$  na cozinha. Para o consumo de energia eléctrica dos ventiladores, na ausência de informação, poderá ser considerada uma potência de  $16 \text{ W}$  por cada  $50 \text{ m}^3/\text{h}$  de ar extraído.


 <b>LABORATÓRIO NACIONAL DE ENGENHARIA CIVIL</b>		<b>Aplicação LNEC Ventilação REH e RECS</b>		Aplicação desenvolvida por: Armando Pinto, apinto@lnec.pt  Ferramenta de cálculo citada no n.º3, do ponto 12.1, do despacho n.º 15793-K/2013.	
Pinto, A. - Aplicação LNEC para Ventilação no âmbito do REH e RECS. Lisboa, LNEC, 2014. v2.0a, 2014-02-12					
<b>1. Enquadramento do edifício</b>					
Tipo de edifício		Habitação existente		Área útil (m²): 350.7	
Local (município)		PORTO		Pd (m): 2.30	
Região		A		N.º de pisos da fração: 3	
Rugosidade		1		Velocidade vento Defeito REH	
Altitude do local (m)		95		Vento (u10REH: 3.6) (m/s)	
Número de fachadas expostas ao exterior (Nfach)		2 ou mais		Vol (m³): 807	
Existem edifícios/obstáculos à frente das fachadas?		Sim		T <sub>exterior</sub> (°C): 9.9	
Altura do edifício (H <sub>edif</sub> ) em m		8.3		Zref (m): 94	
Altura da fração (H <sub>fra</sub> ) em m		8.3		A <sub>env/Au</sub> : 4%	
Altura do obstáculo situado em frente (H <sub>obst</sub> ) em m		7		Proteção do edifício: <b>Normal</b>	
Distância ao obstáculo situado em frente (D <sub>obst</sub> ) em m		20		Zona da fachada: <b>Inferior</b>	
<b>2. Permeabilidade ao ar da envolvente</b>					
Foi medido valor n50		Não			
Para cada Vão (janela/porta) ou grupo de vãos:		Pitch		1Andar 2 andar Recuado	
Área dos vãos (m²)		145		4.225 4.8725 2.5	
Classe de permeabilidade ao ar caix (janelas/portas)		Sem classificação		Sem classificação Sem classificação	
Permeabilidade ao ar das caixas de estore		Não tem		Não tem Não tem Não tem	
<b>3. Aberturas de admissão de ar na envolvente</b>					
Tem aberturas de admissão de ar na envolvente		Sim			
Tipo de abertura		Fixa ou regulável manualmente		Auto-regulável a 2 Pa Auto-regulável a 10 Pa Auto-regulável a 20 Pa	
Área livre das aberturas fixas (cm²) / Caudal Nominal aberturas auto-reguláveis (m³/h)		450		0 0 0	
<b>4. Condutas de ventilação natural, condutas com exaustores/ventas que não obturam o escoamento de ar pela conduta</b>					
Condutas de ventilação natural sem obstruções significativas (por exemplo, consideram-se obstruções significativas exaustores com filtros que anulam escoamento de ar natural para a conduta)		Não		Não Não Não Não	
Escoamento de ar					
Perda de carga					
Altura da conduta (m)					
Cobertura					
Número de condutas semelhantes					
<b>5. Exaustão ou insuflação por meios mecânicos de funcionamento prolongado</b>					
Existem meios mecânicos (excluindo exaustores ou ventas)		Não			
Escoamento de ar					
Caudal nominal (m³/h)					
Conhece Pressão total do ventilador e rendimento					
Pressão total (Pa)					
Rendimento total do ventilador (%)					
Tem sistema de recuperação de calor					
Rendimento da recuperação de calor (%)					
<b>6. Exaustão ou insuflação por meios híbridos de baixa pressão (&lt; 20 Pa)</b>					
Existem meios híbridos		Não			
Escoamento de ar					
Caudal nominal (m³/h)					
Conhece Pressão total do ventilador e rendimento					
Pressão total (Pa)					
Rendimento total do ventilador (%)					
<b>7. Verão - Recuperador de calor</b>					
Existe by-pass ao recuperador de calor no verão					
<b>8. Resultados</b>					
<b>8.1 - Balanço de Energia - Edifício</b>					
R <sub>ph,edif</sub> (h·l)		Aquecimento		0.40	
R <sub>ph,edif</sub> (h·l)		Arrefecimento		0.60	
W <sub>um</sub> (k·Wh)				0.0	
<b>8.2 - Balanço de Energia - Edifício de Referência</b>					
R <sub>ph,ref</sub> (h·l)				0.40	
<b>8.3 - Caudal mínimo de ventilação</b>					
R <sub>ph</sub> estimada em condições nominais (h·l)				0.21	
Requisito mínimo de ventilação Edif. Novos (h·l)				0.40	
Critério R <sub>ph</sub> mínimo				Ponderar medidas de melhoria do sistema de ventilação.	
Nota: No cálculo do R <sub>ph</sub> mínimo em edifícios novos a grande reabilitação não é considerada a oferta do janelar com clarificação, da classe 1a 2a e a existência do caixilho de estore.					
				Técnico: _____	
				Data: 13/05/2014	

Fig. 3.15. – Exemplo de uma folha de cálculo para a quantificação do parâmetro  $R_{ph}$  para a estação de arrefecimento e aquecimento[21].

## 3.3.6. VERIFICAÇÃO DOS REQUISITOS MÍNIMOS

Para esta verificação, segue-se duas tabelas abaixo, onde pode-se observar que para cada elemento e zona climática, existe um  $U_{ref}$  que servirá como base para o cálculo das necessidades nominais anuais de energia útil e um valor máximo,  $U_{máx}$ , que não deve nunca ser ultrapassado.

$U_{ref}$ [W/(m <sup>2</sup> .°C)]		Zona Climática					
Portugal Continental							
Zona corrente da envolvente:		Com a entrada em vigor do presente regulamento			31 de dezembro de 2015		
		I1	I2	I3	I1	I2	I3
em contacto com o exterior ou com espaços não úteis com coeficiente de redução de perdas $b_{tr}>0.7$	Elementos opacos verticais	0,50	0,40	0,35	0,40	0,35	0,30
	Elementos opacos horizontais	0,40	0,35	0,30	0,35	0,30	0,25
em contacto com outros edifícios ou espaços não úteis	Elementos opacos verticais	1,00	0,80	0,70	0,80	0,70	0,60
com coeficiente de redução de perdas $b_{tr}\leq0.7$	Elementos opacos horizontais	0,80	0,70	0,60	0,70	0,60	0,50
Vãos envidraçados (portas e janelas) ( $U_w$ )		2,90	2,60	2,40	2,80	2,40	2,20
Elementos em contacto com o solo		0,50			0,50		
Regiões Autónomas							
Zona corrente da envolvente:		Com a entrada em vigor do presente regulamento			31 de dezembro de 2015		
		I1	I2	I3	I1	I2	I3
em contacto com o exterior ou com espaços não úteis com coeficiente de redução de perdas $b_{tr}>0.7$	Elementos opacos verticais	0,80	0,65	0,50	0,80	0,60	0,45
	Elementos opacos horizontais	0,55	0,50	0,45	0,45	0,40	0,35
em contacto com outros edifícios ou espaços não úteis com coeficiente de redução de perdas $b_{tr}\leq0.7$	Elementos opacos verticais	1,60	1,50	1,40	1,50	1,40	1,30
	Elementos opacos horizontais	1,00	0,90	0,80	0,85	0,75	0,65
Vãos envidraçados (portas e janelas) ( $U_w$ )		2,90	2,60	2,40	2,80	2,40	2,20
Elementos em contacto com o solo		0,50			0,50		

Fig.3.16. - Tabela indicativa com os coeficientes de transmissão térmica superficiais de referência de elementos opacos e de vãos envidraçados,  $U_{ref}$  [W/(m<sup>2</sup>.°C)] [16]

Os requisitos presentes na tabela poderão ser progressivamente atualizados até 2020, por forma a incorporar estudos referentes a custo-benefício dos mesmos, bem como aos níveis definidos para os edifícios de necessidade de energia quase-nulas.

$U_{\text{máx}}$ [W/(m <sup>2</sup> .°C)]		Zona Climática		
		I1	I2	I3
Elemento da envolvente em contacto com o exterior ou espaços não úteis com $b_{\text{tr}} > 0.7$	Elementos verticais	1,75	1,60	1,45
	Elementos horizontais	1,25	1,00	0,90
Elemento da envolvente em contacto com outros edifícios ou espaços não úteis com $b_{\text{tr}} \leq 0.7$	Elementos verticais	2,00	2,00	1,90
	Elementos horizontais	1,65	1,30	1,20

Fig.3.17. - Tabela indicativa com os coeficientes de transmissão térmica superficiais máximos admissíveis de elementos opacos,  $U_{\text{máx}}$  [W/(m<sup>2</sup>.°C)][16]

Os requisitos indicados na presente tabela, aplicam-se tanto a Portugal Continental como às regiões Autónomas dos Açores e Madeira.

### 3.3.7. CÁLCULO DAS NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS DE ENERGIA

#### 3.3.7.1. Necessidades de aquecimento ( $N_{\text{ic}}$ e $N_i$ )

O valor de energia útil necessária para estabelecer as exigências de conforto, utilizando os parâmetros e condições reais do edifício em estudo é definido pela seguinte expressão[22]:

$$N_{\text{ic}} = (Q_{\text{tr},i} + Q_{\text{ve},i} - Q_{\text{gu},i})/A_p \quad [\text{kWh/m}^2.\text{ano}] \quad (3.13)$$

em que:

$Q_{\text{tr},i}$  – Transferência de calor por transmissão na estação de aquecimento através da envolvente, [kWh]

$Q_{\text{ve},i}$  – Transferência de calor por ventilação na estação de aquecimento, [kWh]

$Q_{\text{gu},i}$  – Ganhos térmicos úteis na estação de aquecimento resultantes dos ganhos através dos vãos envidraçados, da iluminação, dos equipamentos e dos ocupantes, [kWh]

$A_p$  – Área interior útil do pavimento do edifício, medida pelo interior, [m<sup>2</sup>]

Quanto ao valor máximo para as necessidades nominais anuais de energia útil para aquecimento ( $N_i$ ) é definido pela seguinte expressão[16]:

$$N_i = (Q_{\text{tr},i_{\text{ref}}} + Q_{\text{ve},i_{\text{ref}}} - Q_{\text{gu},i_{\text{ref}}})/A_p \quad [\text{kWh/m}^2.\text{ano}] \quad (3.14)$$

em que:

$Q_{\text{tr},i_{\text{ref}}}$  – Transferência de calor por transmissão através da envolvente de referência na estação de aquecimento, [kWh]

$Q_{\text{ve},i_{\text{ref}}}$  – Transferência de calor por ventilação de referência na estação de aquecimento, [kWh]

$Q_{\text{gu},i_{\text{ref}}}$  – Ganhos de calor úteis na estação de aquecimento, [kWh]

$A_p$  – Área interior útil do pavimento do edifício, medida pelo interior, [m<sup>2</sup>]

Sendo estes parâmetros determinados de acordo com as seguintes alíneas[16]:

- O valor de referência da transferência de calor por transmissão através da envolvente deve de ser determinado considerando:
  - i. Coeficientes de transmissão térmica superficial de referência ( $U_{ref}$ ) para elementos opacos e envidraçados em função do tipo da envolvente e da zona climática.
  - ii. Coeficientes de transmissão térmica linear de referência,  $\psi_{ref}$  em função do tipo de ligação entre os elementos da envolvente do edifício.
  - iii. A área dos envidraçados de referência igual, à da fração com um máximo de 20% da área útil do pavimento, no cálculo das perdas e igual a  $20\%A_p$  no cálculo dos ganhos solares.
- A taxa de renovação de ar de referência,  $R_{ph,ref}$ , igual à taxa de renovação do edifício em estudo com um máximo de 0,60 renovações por hora.
- Para o cálculo dos ganhos de calor, deve ser considerado um fator de utilização dos ganhos térmicos de referência ( $\eta_{iref} = 0,60$ )

### 3.3.7.2. Necessidades de arrefecimento ( $N_{vc}$ e $N_v$ )

O valor das necessidades nominais anuais de energia útil para a estação de arrefecimento do edifício em estudo,  $N_{vc}$ , é calculado com base na seguinte expressão[22]:

$$N_{vc} = (1 - \eta_v) \cdot Q_{g,v} / A_p \quad [\text{kWh/m}^2 \cdot \text{ano}] \quad (3.15)$$

em que:

$\eta_v$  – Fator de utilização dos ganhos térmicos na estação de arrefecimento

$Q_{g,v}$  – Ganhos térmicos brutos na estação de arrefecimento, [kWh]

$A_p$  - Área interior útil do pavimento do edifício, medida pelo interior, [m<sup>2</sup>]

Quanto ao valor máximo para as necessidades nominais de energia útil para arrefecimento ( $N_v$ ) de um edifício é calculado com a seguinte expressão[16]:

$$N_v = (1 - \eta_{v,ref}) \cdot Q_{g,v,ref} / A_p \quad [\text{kWh/m}^2 \cdot \text{ano}] \quad (3.16)$$

em que:

$\eta_{v,ref}$  – Fator de utilização de ganhos de referência na estação de arrefecimento

$Q_{g,v,ref}$  – Ganhos térmicos de referência na estação de arrefecimento, [kWh]

$A_p$  - Área interior útil do pavimento do edifício, medida pelo interior, [m<sup>2</sup>]

O fator de utilização de ganhos de referência na estação de arrefecimento depende da função  $\Delta\theta = \theta_{ref,v} - \theta_{ext,v}$ , enquanto os ganhos térmicos de referência na estação de arrefecimento têm em conta os seguintes parâmetros:

- Ganhos internos médios,  $q_{int}$ , contabilizados em 4W/m<sup>2</sup>.
- Radiação solar média de referência,  $I_{sol,ref}$ , corresponde à radiação incidente numa superfície orientada a Oeste [kWh/m<sup>2</sup>.ano], conforme o despacho nº15793-F/2013 - tabela 05.
- Fator solar de referência,  $g_{v,ref}$ , contabilizado em 0,43.

- Razão entre a área dos vãos e área útil do pavimento que se assume igual a 20%.
- Duração da estação de arrefecimento, contabilizada em 2928 horas.

### 3.3.7.3. Necessidades de energia primária ( $N_{tc}$ e $N_t$ )

O cálculo de parâmetro  $N_{tc}$  de um edifício de habitação resulta da soma das necessidades nominais específicas de energia primária relacionada com usos como, aquecimento ( $N_{ic}$ ), arrefecimento ( $N_{vc}$ ), produção de AQS ( $Q_a/A_p$ ) e ventilação mecânica ( $W_{vm}/A_p$ ), deduzidas de eventuais contribuições de fontes de energia renovável ( $E_{ren,p}/A_p$ ), de acordo com a seguinte expressão[22]:

$$N_{tc} = \sum_j \left( \sum_k \frac{f_{i,k} \cdot N_{ic}}{\eta_k} \right) \cdot F_{pu,j} + \sum_j \left( \sum_k \frac{f_{v,k} \cdot \delta \cdot N_{vc}}{\eta_k} \right) \cdot F_{pu,j} \quad (3.17)$$

$$+ \sum_j \left( \sum_k \frac{f_{a,k} \cdot Q_a/A_p}{\eta_k} \right) \cdot F_{pu,j} + \sum_j \frac{W_{vm,j}}{A_p} \cdot F_{pu,j}$$

$$- \sum_p \frac{E_{ren,p}}{A_p} \cdot F_{pu,p}$$

em que:

$N_{tc}$  – Necessidades nominais de energia primária de um edifício, [kWh<sub>EP</sub>/(m<sup>2</sup>.ano)]

$N_{ic}$  – Necessidades de energia útil para aquecimento, [kWh/(m<sup>2</sup>.ano)]

$f_{i,k}$  – parcela das necessidades de energia útil para aquecimento supridas pelo sistema  $k$ .

$N_{vc}$  – Necessidades de energia útil para arrefecimento, [kWh/(m<sup>2</sup>.ano)]

$f_{v,k}$  – parcela das necessidades de energia útil para arrefecimento supridas pelo sistema  $k$ .

$Q_a$  – Necessidades de energia útil para preparação de AQS, [kWh/ano]

$f_{a,k}$  – parcela das necessidades de energia útil para produção de AQS suprida pelo sistema  $k$ .

$\eta_k$  – Eficiência do sistema  $k$ , que toma o valor de 1 no caso de sistemas para aproveitamento de fontes de energia renovável, à exceção de sistemas de queima de biomassa sólida em que deve ser usada a eficiência do sistema de queima.

$j$  – Todas as fontes de energia incluindo as de origem renovável

$p$  – Fontes de origem renovável

$E_{ren,p}$  – Energia produzida a partir de fontes de origem renovável  $p$ , [kWh/ano], incluindo apenas energia consumida

$W_{vm}$  – Energia elétrica necessária ao funcionamento dos ventiladores, [kWh/ano]

$A_p$  – Área interior útil do pavimento [m<sup>2</sup>]

$F_{pu,j}$  e  $F_{pu,p}$  – Fator de conversão de energia útil para energia primária, [kWh<sub>EP</sub>/kWh]

$\delta$  – Igual a 1, exceto para uso de arrefecimento ( $N_{vc}$ ) em que pode tomar o valor 0 sempre que o fator de utilização de ganhos térmicos seja superior ao respetivo fator de referência, o que representa as condições em que o risco de sobreaquecimento se encontra minimizado.



Para a aplicação da expressão de cálculo acima referida deve-se seguir as seguintes regras e metodologias abaixo indicadas[22]:

- O somatório das parcelas das necessidades de energia útil para cada um dos diferentes usos tem de ser igual a 1;
- O somatório de energia produzida a partir de fontes de origem renovável, deverá ser menor ou igual à energia consumida para esse tipo de uso;
- Se todos os compartimentos principais do edifício, designadamente salas, quartos e similares, excluindo cozinhas, casas de banho ou outros compartimentos de serviço, forem servidos por um único sistema de climatização, considera-se, para efeitos de cálculo a eficiência do equipamento de produção e que toda a fração se encontra climatizada;
- Se dois ou mais dos principais compartimentos de climatização dos edifícios, serem servidos por diferentes sistemas de climatização, considera-se, para efeitos de cálculo, a eficiência do equipamento de produção de cada sistema afeto à área interior útil do compartimento que este serve;
- Na ausência de especificação ou de alguma evidência de aplicação na tubagem de isolamento no sistema de produção de AQS que assegure uma resistência térmica de pelo menos 0,25 m<sup>2</sup>.°C/W, a eficiência de conversão em energia útil do equipamento de preparação de AQS deve ser multiplicada por 0,9.

Quanto ao valor máximo para as necessidades nominais anuais de energia primária ( $N_t$ ) de um edifício é calculado de acordo com a seguinte expressão[16]:

$$N_t = \sum_j \left( \sum_k \frac{f_{i,k} \cdot N_i}{\eta_{ref,k}} \right) \cdot F_{pu,j} + \sum_j \left( \sum_k \frac{f_{v,k} \cdot N_v}{\eta_{ref,k}} \right) \cdot F_{pu,j} + \sum_j \left( \sum_k \frac{f_{a,k} \cdot Q_a / A_p}{\eta_{ref,k}} \right) \cdot F_{pu,j} \quad (3.18)$$

em que:

$N_t$  – valor máximo para as necessidades nominais de energia primária, [kWh<sub>EP</sub>/(m<sup>2</sup>.ano)]

$N_i$  – Valor máximo para as necessidades nominais anuais de energia útil para aquecimento, [kWh<sub>EP</sub>/(m<sup>2</sup>.ano)]

$N_v$  – valor máximo para as necessidades nominais anuais de energia útil para arrefecimento, [kWh/(m<sup>2</sup>.ano)]

$f_{i,k}$  – parcela das necessidades de energia de aquecimento supridas pelo sistema de referência  $k$ .

$f_{v,k}$  – parcela das necessidades de energia de arrefecimento supridas pelo sistema de referência  $k$ .

$Q_a$  – necessidades de energia útil para preparação de AQS, [kWh/ano]

$f_{a,k}$  – parcela das necessidades de energia de produção de AQS suprida pelo sistema de referência  $k$ .

$\eta_{ref,k}$  – valores de referência para o rendimento dos diferentes tipos de sistema técnicos utilizados ou previstos para aquecimento ambiente, arrefecimento ambiente e preparação de AQS, conforme indicados na tabela I.03 da portaria n.º349-B/2013

$j$  – Fonte de energia

$A_p$  – Área interior útil do pavimento [ $\text{m}^2$ ]

$F_{pu,j}$  – Fator de conversão de energia primária de acordo com a fonte de energia do tipo de sistemas de referência utilizado, [ $\text{kWh}_{EP}/\text{kWh}$ ]

Por último, em edifícios de habitação existentes sujeitos a grande intervenção, a relação entre os valores de necessidades nominais e o seu limite, de energia útil para aquecimento, arrefecimento e energia primária, deve ser verificada conforme os valores da seguinte tabela[16]:

Ano de construção	$N_{ic}/N_i$	$N_{vc}/N_v$	$N_{tc}/N_t$
Anterior a 1960	Não aplicável	Não aplicável	1,50
Entre 1960 e 1990	1,25	1,25	1,50
Posterior a 1990	1,15	1,15	1,50

Fig. 3.18. – Tabela indicativa da relação entre valores das necessidades nominais e limite, de energia útil para aquecimento, arrefecimento e energia primária, de edifícios sujeitos a grandes intervenções[16].

### 3.3.7.3.1. Ventilação Mecânica

Quando um edifício dispuser de um sistema de ventilação em funcionamento contínuo (podendo ser de caudal variável ou constante) deve ser estimado o consumo de energia elétrica de funcionamento dos ventiladores ( $W_{vm}$ ), pela expressão[22]:

$$W_{vm} = \frac{V_f}{3600} + \frac{\Delta P}{\eta_{tot}} + \frac{H_f}{1000} \quad [\text{kWh/ano}] \quad (3.19)$$

em que:

$V_f$  – Caudal de ar médio diário escoado através do ventilador, [ $\text{m}^3/\text{h}$ ]

$\Delta P$  – Diferença de pressão total do ventilador (Pa)

$\eta_{tot}$  – Rendimento total de funcionamento do ventilador

$H_f$  – Número de horas de funcionamento dos ventiladores durante 1 ano (h). Por defeito considera-se que os ventiladores funcionam 24h/dia, devendo ser tomado o valor de 8760 h, sendo que, nos sistemas de ventilação híbridos, pode ser adotado outro valor desde que seja fundamentado com uma estimativa anual do funcionamento da ventilação da fração.

No entanto, quando não se conhece os valores de  $\Delta P$  e  $\eta_{tot}$  o consumo de energia  $W_{vm}$  pode ser determinado pela expressão[22]:

$$W_{vm} = 0,3 \cdot V_f \cdot \frac{H_f}{1000} \quad [\text{kWh/ano}] \quad (3.20)$$

Nos sistemas híbridos de baixa pressão (inferior a 20Pa) quando não se conhecem os valores de  $\Delta P$  e  $\eta_{tot}$ , o consumo de energia  $W_{vm}$  é determinado pela expressão[22]:

$$W_{vm} = 0,03 \cdot V_f \cdot \frac{H_f}{1000} \quad [\text{kWh/ano}] \quad (3.21)$$

Em caso de existir um ventilador comum a várias frações autónomas ou edifícios, a energia total correspondente ao seu funcionamento deve ser dividida entre cada uma dessas frações autónomas ou edifícios, numa base diretamente proporcional aos caudais de ar nominais  $V_f$  correspondentes a cada uma delas. Estão excluídos do cálculo de  $W_{vm}$  os exaustores mecânicos de funcionamento pontual, designadamente o exaustor de cozinha ou o exaustor das instalações sanitárias[22].

### 3.3.7.3.2. Preparação de AQS

A energia necessária para a preparação de AQS durante um ano tem como base a seguinte expressão[22]:

$$Q_a = \left( \frac{M_{AQS} \cdot 4187 \cdot \Delta T \cdot n_d}{3600000} \right) \quad [\text{kWh/ano}] \quad (3.22)$$

em que:

$\Delta T$  – Aumento de temperatura necessário para a preparação de AQS e que, para efeitos de cálculo toma valor de referência de 35°C.

$n_d$  – Número anual de dias de consumo de AQS de edifícios residenciais que, para efeitos de cálculo se considera 365 dias.

Para um consumo médio diário de referência, este será calculado com base na seguinte expressão[22]:

$$M_{AQS} = 40 \cdot n \cdot f_{eh} \quad [\text{litros}] \quad (3.23)$$

em que:

$n$  – numero convencional de ocupantes de cada fração autónoma, definido em função da tipologia da fração, sendo que se deve considerar 2 ocupantes no caso da tipologia T0, e  $n+1$  ocupantes nas tipologias do tipo Tn com  $n>0$ .

$f_{eh}$  – Fator de eficiência hídrica, aplicável a chuveiros ou sistemas de duche com certificação e rotulagem de eficiência hídrica, de acordo com um sistema de certificação de eficiência hídrica da responsabilidade de uma entidade independente reconhecida pelo sector das instalações sanitárias.

Para chuveiros ou sistemas de duche com rótulo A ou superior,  $f_{eh}=0,90$ , sendo que nos restantes casos,  $f_{eh}=1$ .

### 3.3.7.3.3. Contribuição de fontes de energia renovável

- Sistemas solares térmicos e fotovoltaicos

A energia ( $E_{ren}$ ) produzida por estes 2 sistemas, deve ser determinada com recurso à versão em vigor do programa Solterm do Laboratório Nacional de Energia e Geologia (LNEG) ou outra ferramenta que utilize uma metodologia de cálculo idêntica que permita, quando aplicável, quantificar essa energia para diversos usos, devidamente validada por entidades competentes[23].

- Sistemas Eólicos

A determinação desta energia produzida por um aerogerador deverá ser efetuada através do somatório do produto entre a curva de potência do mesmo e a função de distribuição por classes da velocidade do vento para o local em questão[23]:

$$E_{\text{ren}} = \sum_{i=1}^n P_{(i)} \cdot F_{(i)} \quad [\text{kWh/ano}] \quad (3.24)$$

em que:

$i$  – classe de vento, em intervalos não superiores a 1m/s

$P_{(i)}$  – Potência média do aerogerador na classe “ $i$ ”

$F_{(i)}$  – Número de horas de vento na classe “ $i$ ”

Nota: Caso o sistema eólico esteja associado a várias frações, a contribuição renovável para cada uma das frações autónomas deverá ser repartida em função da sua permilagem.

#### ▪ Biomassa

A contribuição de um sistema de queima de biomassa sólida, quando utilizado para climatização, é determinada pela seguinte expressão[23]:

$$E_{\text{ren}} = \left( \frac{N_{\text{ic}} \cdot A_p}{\eta_k} \right) \cdot f_{i,k} \quad [\text{kWh/ano}] \quad (3.25)$$

em que:

$f_{i,k}$  – Parcela das necessidades de energia para aquecimento supridas pelo(s) sistema(s) a biomassa

$\eta_k$  – Eficiência do sistema a biomassa

$A_p$  – Área interior útil de pavimento, [m<sup>2</sup>]

$N_{\text{ic}}$  – Necessidades nominais anuais de energia útil para aquecimento, [kWh/(m<sup>2</sup>.ano)]

Para efeito da expressão anterior, a parcela das necessidades de energia para aquecimento, deve ser estimada em função da área dos comportamentos servidos pelo sistema a biomassa e da área interior útil de pavimento, de acordo com a seguinte expressão:

$$f_{i,k} = \frac{A_s}{A_p} \quad (3.26)$$

em que:

$A_s$  – Área dos compartimentos servidos pelo sistema a biomassa, [m<sup>2</sup>]

$A_p$  – Área interior útil de pavimento, [m<sup>2</sup>]

#### ▪ Geotermia

Para o aproveitamento desta fonte de energia renovável, a preparação de AQS é determinada pela expressão[23]:

$$E_{\text{ren}} = q_{\text{geo}} \cdot \Delta t \cdot N_{\text{d,AQS}} \cdot C_p \cdot \varepsilon \cdot (T_{\text{geo}} - T_{\text{rede}}) / 3600000 \quad [\text{kwh/ano}] \quad (3.27)$$

em que:

$q_{\text{geo}}$  – Caudal de água do circuito secundário do permutador de calor sendo que nas situações de inexistência de permutador, deverá ser considerado o caudal fornecido pelo aquífero termal [kg/h];

$\Delta t$  – Período de tempo médio diário de consumo de fluido geotérmico, [h] que não pode exceder o que seria necessário para assegurar plenamente as necessidades médias diárias de energia para AQS;

$N_{d,AQS}$  – Total anual de dias com necessidades de energia para AQS;

$C_p$  – Calor específico do fluido geotérmico [J/(kg.K)], sendo que na ausência de medições para o fluido geotérmico utilizado, assume-se por defeito o valor constante de 4187 J/(kg.K);

$\varepsilon$  – Rendimento nominal do permutador, que toma valor de 1 nas situações em que não haja circuito secundário;

$T_{geo}$  – Temperatura do fluido primário, procedente do aquífero termal, à entrada do permutador [°C];

$T_{rede}$  – Temperatura do fluido secundário, procedente da rede de abastecimento, à entrada do permutador [°C], sendo igual a 15°C, excetuando casos justificados e aceites pelo SCE.

Sendo para o aquecimento ambiente, a contribuição será determinada pela seguinte expressão:

$$E_{ren} = q_{geo} \cdot \Delta t \cdot N_{d,AQ} \cdot C_p \cdot \varepsilon \cdot (T_{geo} - T_{retorno}) / 3600000 \quad [\text{kwh/ano}] \quad (3.28)$$

em que:

$\Delta t$  – Período de tempo médio diário de consumo de fluido geotérmico, [h] que não pode exceder o que seria necessário para assegurar plenamente as necessidades médias diárias de energia para aquecimento ambiente;

$N_{d,AQ}$  – Total anual de dias com necessidades de energia para aquecimento ambiente;

$T_{retorno}$  – Temperatura do fluido secundário, procedente de aquecimento ambiente, à entrada do permutador [°C].

#### ▪ Mini-hídrica

A contribuição de um sistema de produção de energia elétrica com base em mini-hídricas de açudes é determinada pela expressão[23]:

$$E_{ren} = 9,81 \cdot \eta_T \cdot \eta_g \cdot Q \cdot (H - H_f - H_s) \cdot \rho \cdot \Delta_t \quad [\text{kWh/ano}] \quad (3.29)$$

em que:

$\eta_T$  – Rendimento da turbina;

$\eta_g$  – Rendimento do gerador;

$Q$  – Caudal médio em funcionamento [m³/s];

$H$  – Altura média anual da queda de água [m];

$H_f$  – Perdas hidráulicas médias friccionais [m];

$H_s$  – Perdas hidráulicas médias de saída [m];

$\rho$  – Massa volúmica da água (kg/m³);

$\Delta_t$  – Período total anual de funcionamento (h)

#### ▪ Aerotérmica e geotérmica (bombas de calor)

A contribuição renovável de sistema deste tipo deve de ser calculada em conformidade com o definido no anexo VII da Diretiva 2009/28/CE:

$$E_{ren} = Q_{usable} \cdot \left(1 - \frac{1}{SPF}\right) \quad [\text{kwh/ano}] \quad (3.30)$$

em que:

$Q_{usable}$  – Total de calor utilizável estimado produzido por bombas de calor conforme os critérios referidos no nº4 do artigo 5.º da Diretiva 2009/28/CE [kWh].

$SPF$  – Fator médio de desempenho sazonal estimado para as referidas bombas de calor, conforme Diretiva 2009/28/CE.

Apenas poderá ser considerado o contributo de energia renovável de bombas de calor para as quais  $SPF > 1,15 \times (1/\eta)$ , em que  $\eta$  é o rácio entre a produção total bruta de eletricidade e o consumo de energia primária para a produção de eletricidade, sendo calculado enquanto média da UE com base em dados do Eurostat.

## 4.

# CARACTERIZAÇÃO DOS EDIFÍCIOS DE HABITAÇÃO SELECIONADOS PARA VERIFICAÇÃO DO NOVO REGULAMENTO (REH)

### 4.1. OBJECTIVOS E ESCOLHA DAS HABITAÇÕES

Neste capítulo serão apresentados de forma detalhada todos os aspetos importantes a considerar para o cálculo do desempenho energético de um edifício de habitação, segundo o regulamento em vigor.

Esta escolha centrou-se essencialmente em três casos de estudo, dois edifícios de habitação multifamiliar e um edifício de habitação unifamiliar, focando-se em épocas distintas de construção e diferente localização dos mesmos, e tentando perceber de que maneira, ao realizar o cálculo de desempenho energético antes e depois de uma intervenção de reabilitação, há ou não cumprimento do novo regulamento térmico confrontando-o com diversos dados.

### 4.2. CASO DE ESTUDO 1 – EDIFÍCIO DE HABITAÇÃO MULTIFAMILIAR

#### 4.2.1. INFORMAÇÃO GERAL DO EDIFÍCIO/FRAÇÃO

A fração autónoma em estudo está inserida num edifício, com quatro andares, um r/chão e uma cave, localizado na cidade de Sines próximo da orla costeira a uma altitude do nível médio do mar de 49 metros, concluído no ano de 1996. Edifício com fachada principal e posterior orientada a sudoeste e nordeste, respetivamente. Nos espaços de serviço do edifício (corredores, vão de escadas e hall principal) os revestimentos de piso e paredes são a tijoleira cerâmica e pintura a tinta plástica, respetivamente.

Em todas as frações, segundo a memória descritiva do projeto, os contadores de eletricidade, água e gás encontram-se colocados no exterior (galerias de acesso), que serão ventilados, tanto na horizontal como na vertical, esta última através de saídas de ventilação colocadas a meio percurso de cada ramo da galeria de acesso e no conjunto de contadores.

A tipologia da fração em estudo é um T2, composta de sala comum, cozinha, quarto de casal, quarto duplo, W.C, e despensa, situando-se no primeiro andar, cuja área útil é de 62,85 m<sup>2</sup>, com um pé-direito de 2,70 metros, sendo a sua zona climática de inverno II e verão V3, estando os valores de referência representados nas seguintes tabelas:

Tabela 4.1 – Valores de referência e declives para ajuste em altitude para a estação de aquecimento da fração em estudo[17]

	z	M		GD		$\theta_{ext,i}$		G <sub>Sul</sub>
	REF	REF	a	REF	a	REF	a	kWh/m <sup>2</sup> por mês
	(m)	meses	mês/km	°C	°C/km	°C	°C/km	
Alentejo Litoral	88	5,3	2	1089	1100	10,8	-2	150

Tabela 4.2 – Valores de referência e declives para ajuste em altitude para a estação de arrefecimento da fração em estudo[17]

	z	$\theta_{ext,v}$		I <sub>sol</sub> [kWh/m <sup>2</sup> ] acumulados de junho a setembro								
	REF	REF	a	0°	90°	90°	90°	90°	90°	90°	90°	90°
	(m)	°C	°C/km		N	NE	E	SE	S	SW	W	NW
Alentejo Litoral	88	22,2	0	850	225	365	510	495	405	495	510	365

Apresenta-se seguidamente imagens do edifício onde a fração em estudo está inserida e respetivas plantas:



Fig.4.1 – Fachada principal (esquerda) e posterior (direita) do edifício multifamiliar de habitação.



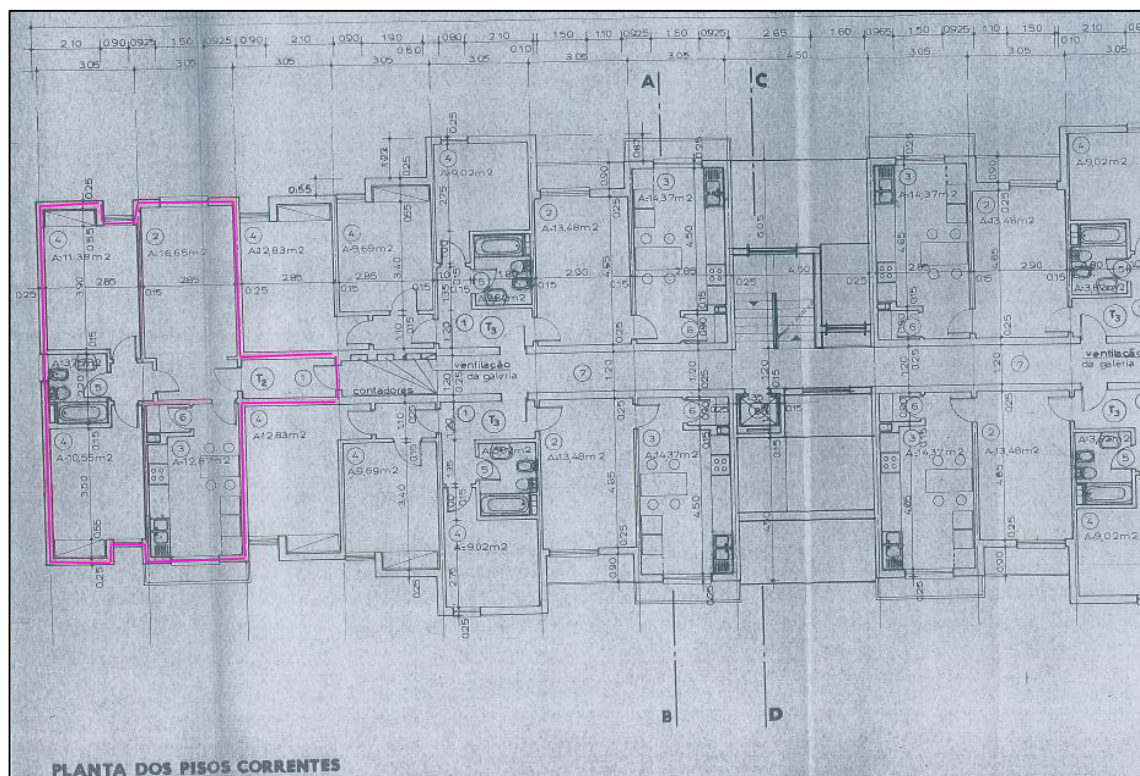


Fig.4.2. – Planta do edifício com a respetiva fração em estudo.

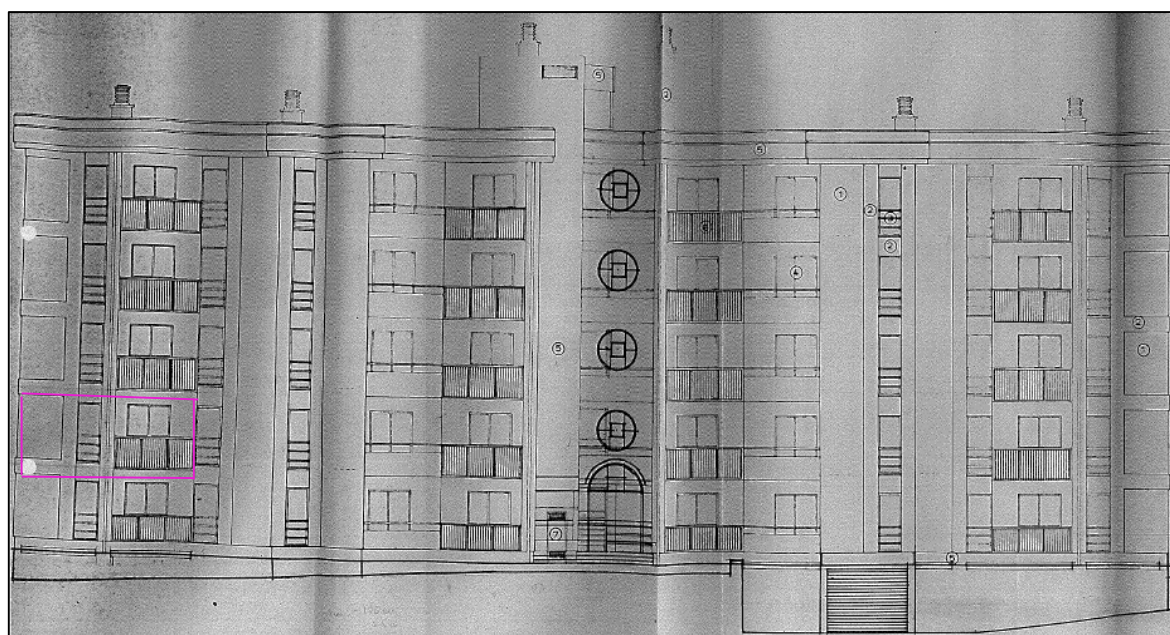


Fig.4.3. – Alçado principal do edifício multifamiliar.

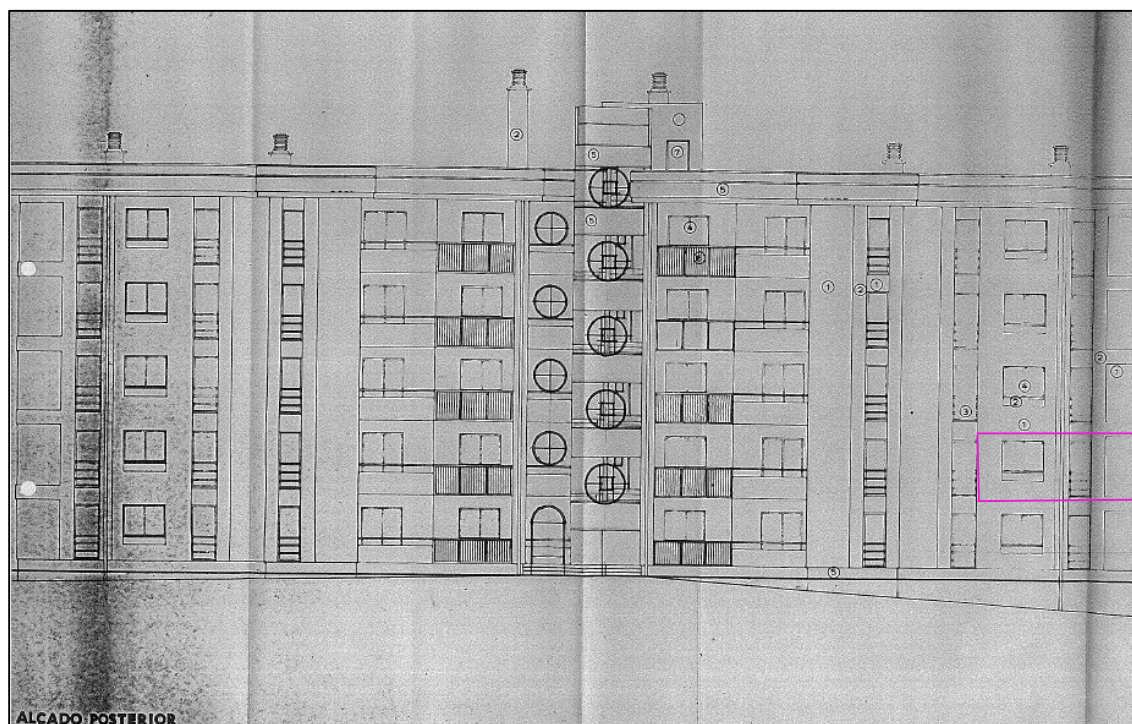


Fig.4.4. – Alçado posterior do edifício multifamiliar.

#### 4.2.2. CARACTERIZAÇÃO DA FRAÇÃO

##### 4.2.2.1. Parede da envolvente exterior

De acordo com o aspeto construtivo incluído na memória descritiva do projeto para esta fração, as paredes exteriores são de alvenaria de tijolo, com 0,25m de espessura, constituídas por dois panos de tijolo, sendo o exterior de 0,07m e o interior de 0,11m. A caixa-de-ar é totalmente preenchida por EPS de 0,04m de espessura, rebocadas exteriormente e interiormente com reboco tradicional.

Contudo, quanto à constituição da parede da envolvente exterior, é de referir que embora esta seja a situação real, não é de todo aconselhável, devido a diversos problemas como a estanquidade, fissuração e choque térmico. Pelo menos a utilização de tijolo de 15cm no pano exterior seria o aconselhável.

Tabela 4.3 – Coeficiente de transmissão térmica da parede exterior.

Elemento	Espessura e (m)	$\lambda$ [W/(m.°C)]	R [(m².°C)/W]
Interior	-	-	0,13
Reboco tradicional (ITE 50 - Quadro I.2)	0,015	1,3	0,011
Tijolo furado de 11 (ITE 50 - Quadro I.5)	0,11	-	0,27
Isolamento térmico (EPS) (ITE 50 – Quadro I.1)	0,04	0,037	1,08
Tijolo furado de 7 (ITE 50 - Quadro I.5)	0,07	-	0,19
Reboco tradicional (ITE 50 - Quadro I.2)	0,015	1,3	0,011
Exterior	-	-	0,04
U [W/(m².°C)]			0,58

## 4.2.2.2. Parede da envolvente interior

Relativamente ao cálculo dos elementos em contacto com espaços não úteis, considerou-se um valor de  $b_{tr} = 0$ , por a razão  $A_i/A_u$  ser igual a zero pelo facto de  $A_u$  ser muito superior ao  $A_i$ .

Quanto às paredes divisórias da fração, segundo o projeto, só se faz referência à sua espessura de 0,15m. Visto não haver mais informação relativa a revestimentos, admitiu-se serem rebocadas com reboco tradicional e pintadas em ambos os lados, para posterior cálculo da respetiva inércia térmica.

Tabela 4.4 – Caracterização das paredes divisórias interiores.

Elemento	Espessura e (m)
Interior	-
Reboco tradicional (ITE 50 - Quadro I.2)	0,02
Tijolo furado de 11 (ITE 50 - Quadro I.5)	0,11
Reboco tradicional (ITE 50 - Quadro I.2)	0,02
Interior	-



#### 4.2.2.3. Cobertura

Segundo o projeto, a cobertura é plana e revestida com chapas de fibrocimento. Não havendo qualquer tipo de informação adicional sobre a cobertura, decidiu-se recorrer ao ITE 50 para obter o coeficiente de transmissão térmica da mesma.

Tabela 4.5. – Coeficiente de transmissão térmico da cobertura.

Elemento	$U_{descendente}$ [W/(m <sup>2</sup> .°C)]	$U_{ascendente}$ [W/(m <sup>2</sup> .°C)]
Cobertura horizontal – Estrutura resistente com blocos cerâmicos com espessura de 0,20m, com proteção da impermeabilização leve (Quadro II.13 e 15 – ITE 50)	1,3	1,4

#### 4.2.2.4. Vãos envidraçados

A fração possui dois vãos envidraçados virados a sudoeste (cozinha e quarto casal), dois vão virados a nordeste (sala e quarto duplo) e um vão envidraçado virado a noroeste (W.C). Todos estes vãos são constituídos por vidro simples, sendo dois deles constituídos por janelas de correr e os restantes vãos constituídos por janelas giratórias. A caixilharia de todos os vãos envidraçados é em alumínio lacado (verde e branco) sem corte térmico e todos os vãos possuem caixa de estore à exceção do envidraçado virado a noroeste (W.C). Quanto a proteções interiores, todos os vãos são compostos por cortinas muito transparentes de cor clara, à exceção do quarto duplo (cortina opaca - cor clara) e W.C. (sem proteção).



Fig.4.5. – Vãos envidraçados orientados a sudoeste (esquerda – cozinha / direita – quarto casal)



Fig.4.6. – Vãos envidraçados orientados a nordeste (esquerda – Sala / direita – quarto duplo)



Fig.4.7. – Vão envidraçado orientado a noroeste.

Tabela 4.6. – Fatores solares de cada vão da fração em estudo.

Vão envi- draçado	Orientação	Área (m <sup>2</sup> )	Fator so- lar do vi- dro $g_{L,vi}$	FS Global Prot. Perm. e Móveis $g_{LT}$	FS Global Prot. Perm. $g_{LTp}$	FS In- verno $g_i$	FS Ve- rão $g_v$
Cozinha	Sudoeste	1,65	0,87	0,07	0,72	0,72	0,27
Quarto 1	Sudoeste	1,8	0,87	0,07	0,72	0,72	0,27
W.C.	Noroeste	0,52	0,87	0,87	0,87	0,78	0,78
Quarto 2	Nordeste	1,8	0,87	0,07	0,72	0,72	0,46
Sala	Nordeste	1,65	0,87	0,07	0,34	0,34	0,23

## 4.2.2.5. Inércia Térmica

Esta fração possui uma inércia térmica FORTE, de acordo com a seguinte tabela:

Tabela 4.7. – Inercia térmica interior,  $I_t$ .

Elemento de Construção	$M_{si}$ (kg/m <sup>2</sup> )	$S_i$ (m <sup>2</sup> )	Fator de correção (r)	$M_{si} * r * S_i$ (kg)
Parede exterior de 0,11m (EL1)	150	51,17	1	7675,5
Parede interior em contacto com outra fração 0,11m (EL1)	150	42,12	1	6318
Parede interior de 0,11m (EL3)	150	28,35	1	4252,5
Laje de pavimento + teto (EL3)	300	55,2	1	16560
Total				34806
Área útil do pavimento (m <sup>2</sup> )				62,85
Inercia térmica – $I_t$ (kg/m <sup>2</sup> )				553,8

#### 4.2.2.6. Sistema de ventilação

Esta fração não possui qualquer tipo de sistema de ventilação. No entanto a ventilação da fração é feita pela abertura ocasional das janelas dos compartimentos da fração.

O compartimento de serviço (cozinha) está equipado com um exaustor realizando a extração dos vapores libertados durante a cocção das refeições.

Utilizando a folha de cálculo (fig. 3.15), chega-se a valores de  $R_{ph, i} = 0,40h^{-1}$  e  $R_{ph, v} = 0,60h^{-1}$ , alertando para uma melhoria da ventilação para a presente fração.

#### 4.2.2.7. Outras observações

É de ressaltar que, quanto a obstruções existentes, a fração é obstruída por dois edifícios localizados a sudoeste e nordeste fazendo com haja uma diminuição de ganhos solares.

Do lado exterior da parede do compartimento de serviço (cozinha) está implementado ao nível do para-peito, em todos os andares, um género de uma proteção e oclusão de roupa estendida, acabando por ser considerado uma pala horizontal para o andar de baixo, como ilustra a figura 4.8:



Fig.4.8. – Sistema de proteção e oclusão de roupa.

Não se conhece a classe de permeabilidade das janelas e as caixas de estore foram consideradas de permeabilidade elevada por conterem algumas “frinchas”, sem qualquer isolamento térmico.

Quanto à preparação de AQS, esta fração é servida por gás canalizado, composto por um comum esquentador.

Nas estações de aquecimento e arrefecimento por vezes é utilizado um pequeno ventilador, com recurso a eletricidade, com fim de tornar o ambiente interior do compartimento (sala) mais confortável quer na estação fria quer na estação quente.

### 4.3. CASO DE ESTUDO 2 – EDIFÍCIO DE HABITAÇÃO MULTIFAMILIAR

#### 4.3.1. INFORMAÇÃO GERAL DO EDIFÍCIO/FRAÇÃO

A fração em estudo está inserida num edifício composto por cinco andares, um r/chão e uma cave, localizando-se na cidade do Porto, na freguesia de Paranhos. Este edifício está localizado a mais de 10km da orla costeira, com uma altitude de 95 metros em relação ao nível do mar, com fachada principal orientada a noroeste e fachada posterior orientada para sudeste. A conclusão da construção deste edifício deu-se no ano de 1998, em que todos os componentes estruturais são de betão armado com construção de paredes exteriores de tijolo vazado, incluindo revestimentos exteriores de material cerâmico e mármore bujardado, de acordo com a memória descritiva do projeto.

É de referir que todos os espaços de serviço (escadas e hall de cada piso) as suas paredes e pavimentos são revestidos a material cerâmico lavável e impermeável.

A fração em análise é de tipologia T1+1, composta por sala comum, cozinha, despensa, quarto casal, quarto de arrumos (foi transformado num quarto, por este ser de dimensões propícias para tal) e um W.C, situada no segundo andar, com uma área útil de 53,89m<sup>2</sup> e pé direito de 2,60m, sendo a sua zona climática de inverno I1 e verão V2, estando os valores de referência representados nas tabelas 4.8 e 4.9:

Tabela 4.8. – Valores referência e declives para ajuste em altitude para a estação de aquecimento da habitação em estudo[17]

	z	M		GD		$\theta_{ext,i}$		G <sub>Sul</sub> kWh/m <sup>2</sup> por mês
	REF	REF	a	REF	a	REF	a	
	(m)	meses	mês/km	°C	°C/km	°C	°C/km	
Grande Porto	94	6,2	2	1250	1600	9,9	-7	130

Tabela 4.9. – Valores de referência e declives para ajuste em altitude para a estação de arrefecimento da habitação em estudo[17]

	z	$\theta_{ext,v}$		I <sub>sol</sub> [kWh/m <sup>2</sup> ] acumulados de junho a setembro								
	REF	REF	a	0°	90°	90°	90°	90°	90°	90°	90°	90°
	(m)	°C	°C/km		N	NE	E	SE	S	SW	W	NW
Grande Porto	94	20,9	0	800	220	350	490	490	425	490	490	350

Apresenta-se seguidamente imagens do edifício onde a fração em estudo está inserida e respetiva planta:





Fig. 4.9 – Fachada principal do edifício.

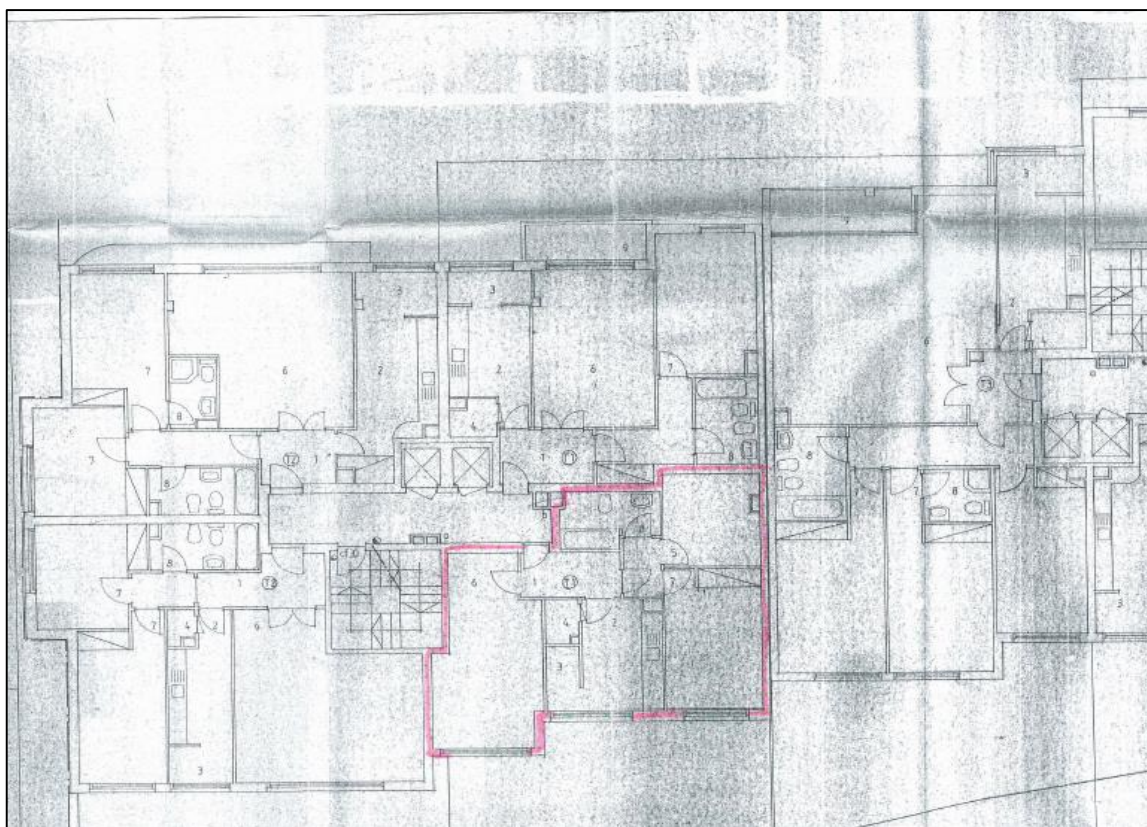


Fig. 4.10. – Planta do edifício com a respetiva fração em estudo.

#### 4.3.2. CARACTERIZAÇÃO DA FRAÇÃO

##### 4.3.2.1. Parede da envolvente exterior

Paredes exteriores constituídas por pano duplo de alvenaria de tijolo vazado, de 0,15m pelo interior e 0,11m pelo exterior, havendo uma caixa-de-ar parcialmente preenchida com placas de poliestireno,

sendo a parte sobrance drenada e ventilada. Revestida exteriormente por material cerâmico e interiormente por estuque projetado. Alguns dos valores de espessuras apresentados na seguinte tabela, o projeto não fornecia, então teve-se que adotar adequadamente os elementos à respetiva parede com espessura de 0,35m.

Contudo, como já foi referido no caso de estudo 1, quanto à constituição da parede da envolvente exterior, é de referir que embora esta seja a situação real, não é de todo aconselhável, devido a diversos problemas como a estanquidade, fissuração e choque térmico que o pano de alvenaria possa vir a sofrer. Pelo menos a utilização de tijolo de 15cm no pano exterior seria o aconselhável.

Tabela 4.10. – Coeficiente de transmissão térmica da parede exterior.

Elemento	Espessura e (m)	$\lambda$ [W/(m.°C)]	R [(m².°C)/W]
Interior	-	-	0,13
Gesso projetado (ITE 50 - Quadro I.2)	0,003	0,56	0,0054
Tijolo de 15 (ITE 50 – Quadro I.5)	0,15	-	0,39
Caixa-de-ar (ITE 50 – Quadro I.4)	0,05	-	0,18
Placas de poliestireno (ITE 50 – Quadro I.1)	0,03	0,037	0,81
Tijolo de 11 (ITE 50 – Quadro I.5)	0,11	-	0,27
Revestimento cerâmico (ITE 50 – Quadro I.2)	0,007	0,69	0,01
Exterior	-	-	0,04
U [W/(m².°C)]			0,54

#### 4.3.2.2. Parede da envolvente interior

A fração é constituída por paredes divisórias interiores em tijolo de 0,11m e as que separam frações e zonas comuns interiores (edifício adjacente, caixa de escadas e corredor de passagem) são constituídas em pano duplo 0,11+0,11 com isolante acústico de 0,03m.

Tabela 4.11. – Caracterização das paredes divisórias interiores com espessura 0,11m.

Elemento	Espessura e (m)
Interior	-
Gesso projetado (ITE 50 – Quadro I.2)	0,003
Tijolo de 11 (ITE 50 - Quadro I.5)	0,11
Ladrilho Cerâmico (ITE 50 – Quadro I.2)	0,005
Interior	-

Tabela 4.12. - Coeficiente de transmissão térmica da parede interior com espessura 0,11+0,11m.

Elemento	Espessura e (m)	$\lambda$ [W/(m.°C)]	R [(m².°C)/W]
Interior	-	-	0,13
Gesso projetado (ITE 50 – Quadro I.2)	0,003	0,56	0,0054
Tijolo de 11 (ITE 50 - Quadro I.5)	0,11	-	0,27
Isolante acústico	0,03	0,037	0,81
Tijolo de 11 (ITE 50 - Quadro I.5)	0,11	-	0,27
Reboco areado (ITE 50 – Quadro I.2)	0,005	1,3	0,0038
Interior	-	-	0,13
U [W/(m².°C)]			0,62

#### 4.3.2.3. Cobertura

Em termos de cobertura fez-se um enchimento de laje com betão Leca com colocação posterior de chapa de fibrocimento tipo “sandwich”. Não havendo qualquer tipo de informação adicional sobre a cobertura, decidiu-se recorrer ao ITE 50 para obter o coeficiente de transmissão térmica da mesma.

Tabela 4.13. – Coeficiente de transmissão térmica da cobertura.

Elemento	$U_{descendente}$ [W/(m <sup>2</sup> .°C)]	$U_{ascendente}$ [W/(m <sup>2</sup> .°C)]
Cobertura horizontal – Estrutura resistente com blocos cerâmicos com espessura de 0,15m, com proteção da impermeabilização leve (Quadro II.13 e 15 – ITE 50)	1,3	1,4

#### 4.3.2.4. Vãos envidraçados

A fração possui três vãos envidraçados do tipo janela de correr, todos eles orientados a sudeste, constituídos por vidros duplos e caixilharia de alumínio termolacado verde. E ainda, estores de lâminas como dispositivos de proteção solar interiores.



Fig. 4.11. – Vão envidraçado (Sala)



Fig. 4.12. – Vão envidraçado (Cozinha)

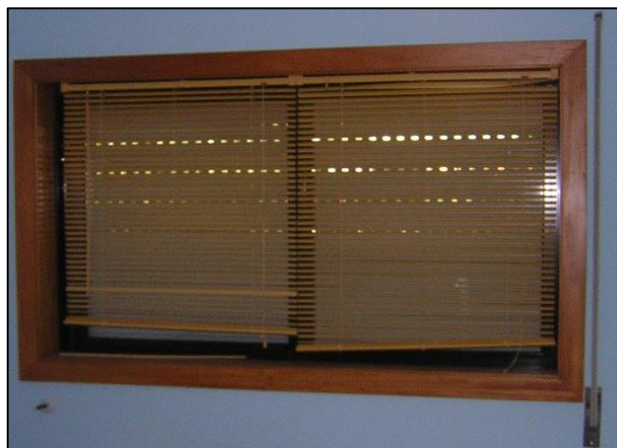


Fig. 4.13. – Vão envidraçado (Quarto casal)

Tabela 4.14 – Fatores solares de cada vão envidraçado na fração.

Vão envidraçado	Orientação	Área (m <sup>2</sup> )	Fator solar do vidro $g_{\perp,vi}$	FS Global Prot. Perm. e Móveis $g_{\perp T}$	FS Global Prot. Perm. $g_{\perp Tp}$	FS Inverno $g_i$	FS Verão $g_v$
Sala	Sudeste	2,97	0,75	0,04	0,47	0,47	0,17
Cozinha	Sudeste	2,53	0,75	0,04	0,47	0,47	0,17
Quarto casal	Sudeste	2,15	0,75	0,04	0,47	0,47	0,17

#### 4.3.2.5. Inércia térmica

Esta fração possui uma inércia térmica FORTE, de acordo com a seguinte tabela:

Tabela 4.15. – Inércia térmica interior,  $I_t$ 

Elemento de Construção	$M_{si}$ (kg/m <sup>2</sup> )	$S_i$ (m <sup>2</sup> )	Fator de correção (r)	$M_{si} \cdot r \cdot S_i$ (kg)
Parede exterior de 0,15m (EL1)	150	18,50	1	2775
Parede interior em contacto com Edifício Adjacente 0,11m (EL1)	150	19,24	1	2886
Parede interior em contacto com outra fração 0,11m (EL1)	150	5,2	1	780
Parede interior de 0,11m (EL3)	150	15,4	1	2310
Laje de pavimento e teto (EL3)	300	53,05	1	15915
Parede interior em contacto com ENU 0,11m (EL1)	150	6,1	1	915
Total				25581
Área útil do pavimento (m <sup>2</sup> )				53,89
Inércia térmica – $I_t$ (kg/m <sup>2</sup> )				474,7

#### 4.3.2.6. Sistema de ventilação

Esta fração está equipada com um sistema de ventilação mecânica, com funcionamento de 16h, potência desconhecida, pois o projeto não a fornece. Tendo sido assumido uma potência elétrica de 16W para cada 50 m<sup>3</sup>/h de ar extraído. Com bocas de extração localizadas na despensa, instalação sanitária e quarto.



Fig. 4.14 – Boca de extração localizada no quarto.



Fig. 4.15 – Boca de extração localizada no W.C.

No vão envidraçado da cozinha existe uma grelha de ventilação, composto por pequenos orifícios cuja área total é de 46,75cm<sup>2</sup>.



Fig.4.16. – Grelha de ventilação fixa não regulável localizada no vão da cozinha

## 4.3.2.7. Outras observações

Estando este edifício localizado no centro urbano, a fração é obstruída por um edifício localizado a sudeste desta, com uma altura de 16 metros, fazendo com que haja diminuição de ganhos solares.

Quanto ao abastecimento de gás, este é canalizado, sendo o sistema de AQS composto por um comum esquentador.

Na estação de aquecimento e arrefecimento não é utilizado qualquer sistema para arrefecer ou aquecer a fração.

## 4.4. CASO DE ESTUDO 3 – EDIFÍCIO DE HABITAÇÃO UNIFAMILIAR

## 4.4.1. INFORMAÇÃO GERAL DO EDIFÍCIO/FRAÇÃO

A habitação em estudo localiza-se bem no centro da cidade do Porto, é uma construção típica do século XIX, inserida entre dois edifícios, desenvolvendo-se em quatro pisos, sendo um dos pisos recuado. A moradia tem a sua fachada principal orientada a sul e a fachada posterior voltada a norte. Na fachada principal, o r/chão é maioritariamente constituído por granito, enquanto no primeiro e segundo andar a fachada é revestida por pequenos azulejos cerâmicos e contorno de janelas realizado a granito. No piso recuado, são as folhas de zinco onduladas, já oxidadas, que protegem as paredes laterais deste (este e oeste).

A moradia corresponde à tipologia T6 (seis quartos, sala de estar, cozinha, duas instalações sanitárias, com uma área útil de 350,67m<sup>2</sup>[24]. Estando esta moradia localizada no Porto, a sua zona climática de inverno e verão, I1 e V2, respetivamente.

Tabela 4.16. – Valores referência e declives para ajuste em altitude para a estação de aquecimento da moradia em estudo[17]

	z	M		GD		$\theta_{ext,i}$		G <sub>Sul</sub> kWh/m <sup>2</sup> por mês
	REF	REF	a	REF	a	REF	a	
	(m)	meses	mês/km	°C	°C/km	°C	°C/km	
Grande Porto	94	6,2	2	1250	1600	9,9	-7	130

Tabela 4.17. – Valores de referência e declives para ajuste em altitude para a estação de arrefecimento da moradia em estudo[17]

	z	$\theta_{ext,v}$		I <sub>sol</sub> [kWh/m <sup>2</sup> ] acumulados de junho a setembro								
	REF	REF	a	0°	90°	90°	90°	90°	90°	90°	90°	90°
	(m)	°C	°C/km		N	NE	E	SE	S	SW	W	NW
Grande Porto	94	20,9	0	800	220	350	490	490	425	490	490	350

Apresenta-se seguidamente os desenhos da moradia [24]:





Fig.4.17. – Alçado anterior (esq) e posterior (dir)[24]



Fig.4.18. – Corte longitudinal[24]

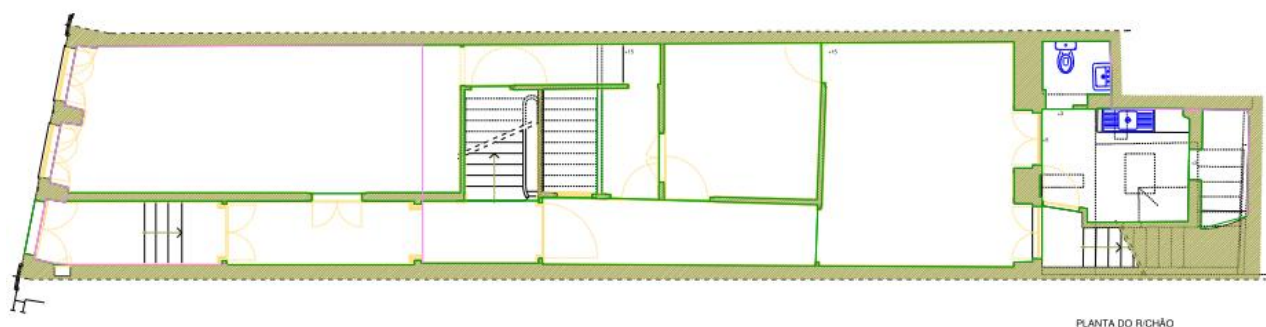


Fig.4.19. – Planta do Rés-do-Chão[24]

#### 4.4.2. CARACTERIZAÇÃO DA FRAÇÃO

##### 4.4.2.1. Parede da envolvente exterior

Paredes exteriores constituídas por alvenaria de granito de espessura variável entre 0,11 m (piso recuado) e 0,64m, revestida exteriormente com reboco, sem isolamento térmico[24].

Tabela 4.18. – Coeficiente de transmissão térmica da parede exterior da moradia com espessura 0,64m.

Elemento	Espessura e (m)	$\lambda$ [W/(m.°C)]	R [(m².°C)/W]
Interior	-	-	0,13
Granito (ITE 50 – Quadro I.2)	0,64	2,8	0,229
Reboco (ITE 50 – Quadro I.2)	0,02	1,3	0,015
Exterior	-	-	0,04
U [W/(m².°C)]			2,42

Tabela 4.19. – Coeficiente de transmissão térmica da parede exterior da moradia com espessura 0,11m.

Elemento	Espessura e (m)	$\lambda$ [W/(m.°C)]	R [(m².°C)/W]
Interior	-	-	0,13
Granito (ITE 50 – Quadro I.2)	0,11	2,8	0,039
Reboco (ITE 50 – Quadro I.2)	0,02	1,3	0,015
Exterior	-	-	0,04
U [W/(m².°C)]			4,45

## 4.4.2.2. Parede da envolvente interior

Não existe qualquer informação respeitante a paredes interiores no projeto, sendo consideradas paredes divisórias em tijolo de 0,11m, rebocada em ambos os lados.

Tabela 4.20. – Caracterização das paredes divisórias da moradia.

Elemento	Espessura e (m)
Interior	-
Reboco (ITE 50 – Quadro I.2)	0,01
Tijolo de 11 (ITE 50 – Quadro I.5)	0,11
Reboco (ITE 50 – Quadro I.2)	0,01
Interior	-

## 4.4.2.3. Pavimentos

O pavimento em contacto com o solo (tabela 4.21), este é constituído por betão pobre, revestido superiormente com ladrilho cerâmico, sem isolamento térmico. O restante pavimento da moradia é constituído por laje em estrutura de madeira, revestida superiormente com soalho de madeira, sem isolamento térmico[24].

Tabela 4.21. – Resistência térmica do pavimento em contacto com o solo.

Elemento	Espessura e (m)	$\lambda$ [W/(m.°C)]	R [(m².°C)/W]
Ladrilho cerâmico (ITE 50 – Quadro I.2)	0,01	0,69	0,014
Betão pobre (ITE 50 – Quadro I.2)	0,40	2,0	0,20
$R_f$ [(m².°C)/W]			0,214

## 4.4.2.4. Cobertura

A cobertura desta moradia é inclinada e é constituída por asnas de madeira, revestida com telha cerâmica com formação de desvão ventilado, sendo a laje de esteira constituída por estrutura de madeira, sem isolamento térmico[24]. Por não ter qualquer tipo de informação a medidas, optou-se por valores de coeficientes de transmissão térmica dos quadros II.17 e II.20 do ITE 50.

Tabela 4.22. – Coeficientes de transmissão térmica da cobertura.

Elemento	$U_{\text{descendente}}$ [W/(m <sup>2</sup> .°C)]	$U_{\text{ascendente}}$ [W/(m <sup>2</sup> .°C)]
Cobertura inclinada – Esteira horizontal leve	2,5	3,8

#### 4.4.2.5. Vãos envidraçados

Os vãos envidraçados são constituídos por caixilharia de madeira preenchida com vidro simples, sendo a maioria dos envidraçados protegidos por portadas interiores de cor branca. No que se refere às tipologias das janelas, estas exibem três tipos, a saber, de batente de sacada, de batente de peito e de guilhotina, evidenciando vãos envidraçados muito distintos em termos estéticos. E ainda, a área de envidraçados divide-se equitativamente pelos alçados anterior e posterior[24].

O vão envidraçado mais pequeno do piso recuado e do segundo piso orientados a norte (fig. 4.17), não possuem qualquer tipo de dispositivo de proteção interior, bem como o vão envidraçado do primeiro piso orientado a este (fig.4.18).

Por não haver qualquer tipo de informação quanto ao coeficiente de transmissão térmica dos vidros, assumiu-se um  $U_{\text{wdn}} = 4,3 \text{ W/(m}^2\cdot\text{°C)}$  recorrendo ao ITE 50 (Quadro III.1).

Tabela 4.23. – Fator solar dos vãos envidraçados, com dispositivos de proteção solar e fator solar global dos vãos.

Vão envidraçado	Orientação	Área (m <sup>2</sup> )	Fator solar do vidro $g_{\perp,vi}$	FS Global Prot. Perm. e Móveis $g_{\perp T}$	FS Global Prot. Perm. $g_{\perp Tp}$	FS In-verno $g_i$	FS Verão $g_v$
R/ch	Sul	1,43	0,85	0,85	0,30	0,30	0,30
1º Andar	Sul	2,15	0,85	0,85	0,30	0,30	0,30
2º Andar	Sul	2,73	0,85	0,85	0,30	0,30	0,30
Recuado	Sul	1,17	0,85	0,85	0,30	0,30	0,30
1º Andar	Norte	2,08	0,85	0,85	0,30	0,30	0,30
2º Andar	Norte	2,08	0,85	0,85	0,30	0,30	0,30
Recuado	Norte	1,17	0,85	0,85	0,30	0,30	0,30
1º Andar (dir)	Este	0,06	0,85	0,85	0,85	0,77	0,72
2º Andar (dir)	Norte	0,20	0,85	0,85	0,85	0,77	0,77
Recuado	Norte	0,06	0,85	0,85	0,85	0,77	0,72
Claraboia	Horizontal	1,19	0,85	0,85	0,85	0,77	0,77

## 4.4.2.6. Inércia térmica

Esta moradia possui uma inércia térmica MÉDIA, de acordo com a seguinte tabela 4.24.

Tabela 4.24. – Inércia térmica interior,  $I_t$ .

Elemento de Construção	$M_{si}$ (kg/m <sup>2</sup> )	$S_i$ (m <sup>2</sup> )	Fator de correção (r)	$M_{si} \cdot r \cdot S_i$ (kg)
Parede exterior de 0,64m (EL1)	150	14,57	1	2185,5
Parede exterior de 0,11m (EL1)	150	27,25	1	4087,5
Parede interior em contacto com outra fração 0,11m (EL1)	150	210,12	1	31518
Paredes divisórias de 0,11m (EL3)	150	25,18	1	3777
Laje de pavimento (EL3)	71,4	326,75	1	23329,95
Laje de cobertura (EL1)	137,7	26,22	1	3610,5
Laje em contacto com o solo (EL2)	150	27,84	1	4176
Total				72684,5
Área útil do pavimento (m <sup>2</sup> )				350,67
Inércia térmica – $I_t$ (kg/m <sup>2</sup> )				207,3

#### 4.4.2.7. Sistema de ventilação

A presente moradia não usufrui de qualquer tipo de ventilação mecânica, contudo apresenta duas grelhas na fachada principal ao nível do r/chão da moradia com área total de 450cm<sup>2</sup>.

#### 4.4.2.8. Outras observações

A presente moradia, segundo a orientação sul, tem localizado um edifício de altura de sensivelmente 10 metros, fazendo com que em algumas alturas do dia a fachada principal receba poucos ganhos solares.

A varanda localizada no primeiro andar na fachada principal, é um elemento considerado como pala horizontal para os vãos envidraçados do rés-do-chão, com uma consola de 0,40 metros.

A parte de trás da moradia (fachada norte) é muito sombreada, visto haver muita vegetação, o que contribui para uma pequena incidência de radiação solar nesta fachada e vãos envidraçados.

# 5.

## ANÁLISE DOS RESULTADOS DA VERIFICAÇÃO REGULAMENTAR

### 5.1. CONSIDERAÇÕES INICIAIS

Concluídos todos os cálculos dos edifícios de habitação em estudo com base na metodologia apresentada no capítulo três da presente dissertação e recorrendo à ferramenta de cálculo disponibilizada pelo ITeCons, apresenta-se de seguida os resultados referentes ao estado atual dos edifícios de habitação multifamiliar e unifamiliar, bem como às respetivas intervenções de melhoria. Todos os cálculos detalhados encontram-se em tabelas nos anexos A1 e A2.

### 5.2. CASO DE ESTUDO 1

#### 5.2.1. ESTADO ATUAL DO CASO DE ESTUDO 1

Primeiramente, fez-se uma breve caracterização da fração (fig.5.1) com todos os dados necessários para compreender melhor o enquadramento da fração, bem como a caracterização dos sistemas de aquecimento, arrefecimento e de fonte de energia renovável. No entanto, por a fração não estar equipada com estes sistemas, o REH considera-os por defeito.

Caracterização da Fração:		
EXISTENTE		
Edifício/FA situada no município	SINES	Região NUTS III
a uma altitude de	49 m	Alentejo Litoral
Edifício situado	no interior de uma zona urbana	Região
Área útil de Pavimento	62.85	B
Tipologia	T2	Rugosidade
Classe de Inércia Térmica do Edifício	Forte	I
Pé-direito médio	2.70	ROADMAP
		2013
Sistemas:		
O edifício dispõe de rede de abastecimento de combustível líquido ou gasoso?	Sim	Qual?
Existe aplicação de isolamento na tubagem de distribuição de AQS com resistência térmica $\geq 0.25 \text{ m}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{W}$ ?	Não	L (canalizado)
Os chuveiros ou sistemas de duche da fração possuem certificado de eficiência hídrica com rótulo A ou superior?	Não	

Fig. 5.1. – Caracterização geral da fração de Sines.

Seguidamente procedeu-se aos cálculos da fração localizada no 1º andar entre duas frações e da fração localizada no 4º andar entre a cobertura e uma fração, de modo a perceber como ambas as frações se comportam termicamente em localizações totalmente distintas do edifício existente, sendo as frações idênticas em aspeto construtivo e de dimensão. Posteriormente efetuou-se as respetivas reabilitações necessárias para tornar as frações mais eficientes e confortáveis do ponto de vista energético.

Quanto à fração localizada no **1º andar**, de acordo com todos os dados fornecidos no capítulo quatro e da figura 5.1., chegou-se aos valores apresentados nas seguintes tabelas:

Tabela 5.1. – Valores das necessidades de aquecimento, arrefecimento e energia primária da fração sem reabilitação (1º andar).

Edifício de habitação multifamiliar (SINES)	$N_{ic} \leq N_i$	$N_{vc} \leq N_v$	$N_{tc} \leq N_t$	Classe Energética
	14,98 ≤ 19,79	10,30 ≤ 14,09	83,30 ≤ 95,05	
	Cumpre	Cumpre	Cumpre	B-

Os valores da tabela 5.1 dizem respeito às necessidades atuais da fração, sem qualquer tipo de reabilitação, que consegue cumprir com os requisitos exigidos pelo REH, quer na estação de aquecimento, quer na estação de arrefecimento, ficando a fração classificada com uma classe B-.

No entanto, quanto à fração cumprir com os requisitos mínimos, esta cumpre com o requisito  $U \leq U_{\max}$  para elementos verticais e cumpre com o requisito dos vãos envidraçados ( $g_{T_{\max}} = 0,50$ ), apresentados na seguinte tabela:

Tabela 5.2. – Verificação dos fatores solares dos vãos envidraçados segundo a tabela 4.6.

FS verão		Legenda: ✓ - Cumpre X - Não cumpre
Env1	✓ (0,172 ≤ 0,50)	
Env2	✓ (0,23 ≤ 0,50)	

Quanto à fração localizada no **4º andar**, de acordo com todos os dados do capítulo quatro, chegou-se aos valores apresentados na tabela 5.3. Os requisitos mínimos desta fração são idênticos à fração do 1º andar, exceto o não cumprimento do valor do coeficiente de transmissão térmica para elementos horizontais (cobertura).

Tabela 5.3. – Valores das necessidades de aquecimento, arrefecimento e energia primária da fração sem reabilitação (4º andar).

Edifício de habitação multifamiliar (SINES)	$N_{ic} \leq N_i$	$N_{vc} \leq N_v$	$N_{tc} \leq N_t$	Classe Energética
	54,43 > 32,94	18,77 > 14,09	189,49 > 127,93	
	Não Cumpre	Não Cumpre	Não Cumpre	C

Neste caso, podemos observar que a fração não consegue cumprir com nenhum dos requisitos exigidos pelo REH, obtendo uma classe energética C. Comparada com a fração do 1º andar, esta apresenta necessidades de energia para aquecimento e para arrefecimento muito superiores, visto existir perdas e



ganhos de calor através da cobertura. Para tal, e para que cumpra com esses requisitos, procedeu-se a uma reabilitação na cobertura, nos vãos envidraçados e na ventilação da fração.

### 5.2.2. PROPOSTAS DE REABILITAÇÃO PARA O CASO DE ESTUDO 1

Neste subcapítulo, ponderou-se a realização de algumas propostas de reabilitação, no sentido de introduzir medidas de melhoria na fração situada no **1º andar** sendo classificada com uma classe energética, de maneira a que a fração não apresente um elevado consumo de energia.

Essas soluções, passam pela melhoria dos vãos envidraçados com introdução de vidros duplos [ $U_{\text{wdn}}=3,3\text{W}/(\text{m}^2\cdot^\circ\text{C})$ ] com caixilharia de alumínio com corte térmico, mantendo os dispositivos de proteção interior (tabela 5.4) e dimensionamento de grelhas de admissão de ar nos compartimentos principais (sala e quartos) e compartimentos de serviço (cozinha e W.C) com caudal total nominal de  $191\text{ m}^3/\text{h}$ . Com  $R_{\text{ph}, i} = 0,56\text{h}^{-1}$  e  $R_{\text{ph}, v} = 0,60\text{h}^{-1}$  (tabela 5.5).

Tabela 5.4. – Valores das necessidades de aquecimento, arrefecimento e energia primária com reabilitação dos vãos envidraçados (1ºandar).

Edifício de habitação multifamiliar (SINES)	$N_{ic} \leq N_i$	$N_{vc} \leq N_v$	$N_{tc} \leq N_t$	Classe Energética
	11,68≤19,79	10,38≤14,09	75,13≤95,05	
	Cumpre	Cumpre	Cumpre	B-

Tabela 5.5. – Valores das necessidades de aquecimento, arrefecimento e energia primária com reabilitação dos vãos envidraçados e introdução de ventilação (1ºandar).

Edifício de habitação multifamiliar (SINES)	$N_{ic} \leq N_i$	$N_{vc} \leq N_v$	$N_{tc} \leq N_t$	Classe Energética
	14,78≤23,48	10,38≤14,09	82,86≤104,27	
	Cumpre	Cumpre	Cumpre	B-

Depois de apresentadas as soluções, pode-se observar que a fração do 1ºandar consegue cumprir com todos os requisitos mantendo a sua classe energética em B-. Com a reabilitação dos vãos envidraçados a fração conseguiu reduzir as necessidades de aquecimento e de energia primária, mas com esta redução as necessidades de arrefecimento aumentaram um pouco devido à melhoria dos vãos envidraçados, por estes não permitirem a troca de calor entre o exterior e o interior e vice-versa. Importa referir que, com a introdução de ventilação, a fração obteve uma subida das necessidades de aquecimento e de energia primária, devido às perdas de calor através da ventilação, contudo as necessidades de arrefecimento mantiveram-se iguais e o valor de  $N_t$  alterou-se devido ao  $R_{\text{ph}, \text{ref}}$ .

Por último, e não menos importante, realizou-se o cálculo regulamentar com introdução de painel solar (coletor padrão, orientado a sul com inclinação de  $35^\circ$  com um  $E_{\text{ren}}= 1032,85\text{kWh}$ ) com o objetivo de melhorar o sistema de produção de AQS e por sua vez melhorar a classe de desempenho da fração. Conforme a seguinte tabela 5.6, os únicos valores de necessidades que se alteram são os da energia primária, pela razão de a introdução deste sistema estar diretamente relacionado com o valor de  $N_{ic}$ .

Tabela 5.6. - Valores das necessidades de aquecimento, arrefecimento e energia primária com reabilitação dos vãos envidraçados + introdução de ventilação + introdução de sistema de produção AQS (1ºandar).

Edifício de habitação multifamiliar (SINES)	$N_{ic} \leq N_i$	$N_{vc} \leq N_v$	$N_{tc} \leq N_t$	Classe Energética
	14,78≤23,48	10,38≤14,09	61,63≤104,27	
	Cumpre	Cumpre	Cumpre	B

Para a fração do **4º andar**, com a reabilitação da atual cobertura para cobertura invertida, foi possível melhorar o coeficiente transmissão térmico para,  $U_{\text{ascendente}}=0,64\text{W}/(\text{m}^2\cdot^{\circ}\text{C})$  e  $U_{\text{descendente}}=0,53\text{W}/(\text{m}^2\cdot^{\circ}\text{C})$  com aplicação de 40mm de EPS, segundo o ITE 50. Para a reabilitação dos vãos envidraçados, fez-se a aplicação de vidros duplos [ $U_{\text{wdn}}=3,3\text{W}/(\text{m}^2\cdot^{\circ}\text{C})$ ] com caixilharia metálica, mantendo os dispositivos de proteção interior (tabela 5.8) e posterior dimensionamento de grelhas de admissão de ar nos compartimentos principais (sala e quartos) e compartimentos de serviço (cozinha e W.C) com caudal de 191 m³/h. Com  $R_{\text{ph}, i} = 0,56\text{h}^{-1}$  e  $R_{\text{ph}, v} = 0,60\text{h}^{-1}$  (tabela 5.9).

Tabela 5.7. - Valores das necessidades de aquecimento, arrefecimento e energia primária com reabilitação da cobertura (4ºandar).

Edifício de habitação multifamiliar (SINES)	$N_{ic} \leq N_i$	$N_{vc} \leq N_v$	$N_{tc} \leq N_t$	Classe Energética
	30,25≤32,94	12,84≤14,09	123,32≤127,93	
	Cumpre	Cumpre	Cumpre	B-

Tabela 5.8. - Valores das necessidades de aquecimento, arrefecimento e energia primária com reabilitação da cobertura + vãos envidraçados (4ºandar).

Edifício de habitação multifamiliar (SINES)	$N_{ic} \leq N_i$	$N_{vc} \leq N_v$	$N_{tc} \leq N_t$	Classe Energética
	26,47≤32,94	13,14≤14,09	114,55≤127,93	
	Cumpre	Cumpre	Cumpre	B-

Tabela 5.9. - Valores das necessidades de aquecimento, arrefecimento e energia primária com reabilitação da cobertura + vãos envidraçados + ventilação (4ºandar).

Edifício de habitação multifamiliar (SINES)	$N_{ic} \leq N_i$	$N_{vc} \leq N_v$	$N_{tc} \leq N_t$	Classe Energética
	29,93≤36,63	13,14≤14,09	123,20≤137,14	
	Cumpre	Cumpre	Cumpre	B-

Como se pode observar, a fração do 4º andar, antes de ser reabilitada não cumpria com nenhum requisito exigido pelo REH. À medida que se foi realizando a reabilitação de cada elemento, pode-se verificar a variação das necessidades da fração consoante cada reabilitação. Quando é feita a reabilitação da cobertura a fração passa a ter muito menos perdas de calor e com isto as necessidades diminuem, passando a fração a cumprir com os três requisitos do REH, no entanto com a reabilitação dos vãos envidraçados a fração passa a ter maior necessidade de arrefecimento, por estes serem eficientes em não permitirem que haja trocas de calor do interior para o exterior. Ficando a fração classificada com classe energética B-.

No entanto, com as reabilitações feitas, a fração ainda foi alvo de uma melhoria do sistema de produção de AQS (coletor padrão, orientado a sul com inclinação de 35° com um  $E_{ren} = 1032,85 \text{ kWh}$ ) com o intuito de diminuir a dependência de energia consumida, melhorando assim a sua classe energética. O que se comprova na tabela 5.10, a fração fica classificada com uma classe energética B depois da introdução do sistema de preparação de AQS.

Tabela 5.10. - Valores das necessidades de aquecimento, arrefecimento e energia primária com reabilitação da cobertura + vãos envidraçados + ventilação + introdução do sistema AQS (4º andar).

	$N_{ic} \leq N_i$	$N_{vc} \leq N_v$	$N_{tc} \leq N_t$	Classe Energética
Edifício de habitação multifamiliar (SINES)	29,93 ≤ 36,63	13,14 ≤ 14,09	101,96 ≤ 137,14	
	Cumpre	Cumpre	Cumpre	B

### 5.3. CASO DE ESTUDO 2

#### 5.3.1. ESTADO ATUAL DO CASO DE ESTUDO 2

Para este caso de estudo, a metodologia a seguir foi a mesma do caso de estudo 1. Em que se pretende comparar duas frações idênticas construtivamente e com iguais dimensões, uma localizada no 2º andar (entre frações) e outra no 5º andar (entre a cobertura e uma fração) e perceber de que forma se comportam termicamente.

Primeiramente fez-se a caracterização da fração (fig.5.2) bem como a caracterização dos sistemas de aquecimento, arrefecimento e de fonte renovável. Contudo, a fração não se encontra equipada com qualquer tipo destes sistemas, o REH considera estes sistemas por defeito.

<b>Caracterização da Fração:</b>			
EXISTENTE			
Edifício/FA situada no município	PORTO	Região NUTS III	Grande Porto
a uma altitude de	95 m	Região	A
Edifício situado	no interior de uma zona urbana	distância à costa	superior a 5km
Área útil de Pavimento	53,89	Rugosidade	I
Tipologia	T1	Pé-direito médio	2,60
		Classe de Inércia Térmica do Edifício	Forte
<b>Sistemas:</b>			
O edifício dispõe de rede de abastecimento de combustível líquido ou gasoso?		Sim	Qual? PL (canalizado)
Existe aplicação de isolamento na tubagem de distribuição de AQS com resistência térmica $\geq 0,25 \text{ m}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{W}$ ?		Não	
Os chuveiros ou sistemas de duche da fração possuem certificado de eficiência hídrica com rótulo A ou superior?		Não	

Fig. 5.2. – Caracterização geral da fração do Porto.

Quanto à fração do **2º andar**, apresenta-se uma tabela com a atual informação das necessidades de aquecimento, arrefecimento e de energia primária. Pode-se verificar que, a fração em termos de necessidades é muito semelhante à fração do caso de estudo 1, cumprindo com os requisitos do REH classificando-se com uma classe energética de B-.

Tabela 5.11. – Valores das necessidades de aquecimento, arrefecimento e energia primária da fração sem reabilitação (2ºandar).

	$N_{ic} \leq N_i$	$N_{vc} \leq N_v$	$N_{tc} \leq N_t$	Classe Energética
Edifício de habitação multifamiliar (PORTO)	32,27≤38,08	2,04≤9,13	111,66≤129,01	B-
	Cumpre	Cumpre	Cumpre	

E ainda, no que diz respeito aos requisitos mínimos, esta fração cumpre com o requisito  $U \leq U_{\max}$  para elementos verticais e cumpre também com o requisito do fator solar máximo dos vãos envidraçados ( $g_{T_{\max}} = 0,56$ ) conforme a tabela 5.12.

Tabela 5.12. – Verificação dos fatores solares dos vãos envidraçados segundo a tabela 4.14.

	FS verão	Legenda: ✓ - Cumpre X – Não cumpre
Env1	✓ (0,13≤0,56)	
Env2	✓ (0,15≤0,56)	
Env3	✓ (0,16≤0,56)	

Quanto à fração localizada no **5º andar**, entre a cobertura e outra fração, apresenta-se os valores das necessidades nominais anuais na tabela 5.13. Os requisitos mínimos desta fração são idênticos à fração do 2ºandar. Sublinha-se o não cumprimento do valor do coeficiente de transmissão térmica para elementos horizontais.

Tabela 5.13. – Valores das necessidades de aquecimento, arrefecimento e energia primária da fração sem reabilitação (5ºandar).

	$N_{ic} \leq N_i$	$N_{vc} \leq N_v$	$N_{tc} \leq N_t$	Classe Energética
Edifício de habitação multifamiliar (PORTO)	87,37>55,25	4,75≤9,13	249,41>171,92	C
	Não Cumpre	Cumpre	Não Cumpre	

Depois de analisar os valores apresentados, pode-se dizer que estas frações têm um comportamento térmico muito idêntico ao caso de estudo 1. Contudo importa salientar que todos os requisitos mínimos

são cumpridos e que a fração localizada no 2º andar cumpre com todos os requisitos de necessidades, não descartando a possibilidade de melhoramento do sistema de produção de AQS de modo a torná-la mais eficiente. Já a fração localizada no 5º andar, não cumpre com os requisitos de necessidades de aquecimento nem com os requisitos de necessidades de energia primária, prende-se pelo facto de esta estar em contacto com a cobertura e de ter perdas e ganhos significativos através desta.

### 5.3.2. PROPOSTAS DE REABILITAÇÃO PARA O CASO DE ESTUDO 2

Aqui serão propostas as reabilitações para as frações com e sem cobertura. Para a **fração de nível intermédio (2º andar)** decidiu-se realizar uma intervenção no sistema de ventilação, apesar dos valores de  $R_{ph,i}$  e  $R_{ph,v}$  serem satisfatórios ( $1,26h^{-1}$  para ambos) estes são um pouco elevados, portanto decidiu-se atuar, no sentido de melhorar o sistema de ventilação. Aplicando a folha de cálculo disponibilizada pelo LNEC, os novos valores de  $R_{ph}$  desta fração são,  $R_{ph,i} = 0,64h^{-1}$  e  $R_{ph,v} = 0,64h^{-1}$ .

Visto esta fração já se encontrar dentro da verificação de requisitos, optou-se por dotar a fração com painéis solares térmicos (coletor padrão, orientado a sul com inclinação de  $35^\circ$  com um  $E_{ren} = 1032,85kWh$ ) para a preparação de AQS com o propósito de se conseguir melhorar a fração em relação à sua classe.

Tabela 5.14. – Valores das necessidades de aquecimento, arrefecimento e energia primária com reabilitação da ventilação (2º andar).

	$N_{ic} \leq N_i$	$N_{vc} \leq N_v$	$N_{tc} \leq N_t$	Classe Energética
Edifício de habitação multifamiliar (PORTO)	$17,78 \leq 38,08$	$4,02 \leq 9,13$	$88,25 \leq 129,01$	B
	Cumpre	Cumpre	Cumpre	

Tabela 5.15. – Valores das necessidades de aquecimento, arrefecimento e energia primária com reabilitação da ventilação + instalação do sistema de produção de AQS (2º andar).

	$N_{ic} \leq N_i$	$N_{vc} \leq N_v$	$N_{tc} \leq N_t$	Classe Energética
Edifício de habitação multifamiliar (PORTO)	$17,78 \leq 38,08$	$4,02 \leq 9,13$	$63,49 \leq 129,01$	A
	Cumpre	Cumpre	Cumpre	

Com a introdução de um sistema de ventilação melhorado, em comparação com a fração sem reabilitação, pode-se verificar um ligeiro aumento das necessidades de arrefecimento, devendo-se ao facto de o valor de  $R_{ph}$  ser menor, levando a uma diminuição de perdas associadas à renovação de ar e diminuição de transferência de calor por renovação do ar na estação de aquecimento e arrefecimento, traduzindo-se numa queda quase para metade nas necessidades de aquecimento. Ficando a fração classificada com uma classe energética de B.

Já com a instalação do sistema solar térmico, conseguiu-se uma melhoria da classe energética da fração como era de esperar, ficando os valores das necessidades de aquecimento e arrefecimento inalterados,

pelo simples facto de o sistema de preparação de AQS não interferir no cálculo de  $N_{ic}$  e  $N_{vc}$ . Ficando a fração dotada de uma boa classe energética, A.

Para a **fração ao nível da cobertura**, de acordo com os valores das necessidades nominais anuais de energia para aquecimento apresentadas na tabela 5.13 e conforme os coeficientes de transmissão térmica ascendente e descendente foi imperativo realizar uma reabilitação ao nível da cobertura. Optou-se pela solução de cobertura invertida pelo facto de permitir um aumento de vida útil da impermeabilização e protegendo-a da grande amplitude térmica. Recorrendo ao ITE 50, foi possível retirar os novos coeficientes de transmissão térmica, são eles,  $U_{\text{ascendente}} = 0,64 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C})$  e  $U_{\text{descendente}} = 0,50 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C})$ . A síntese desta intervenção na cobertura está retratada na tabela 5.16.

No entanto a fração continua a não cumprir com dois requisitos, apesar dos valores das necessidades ter diminuído, não foi suficiente para o cumprimento da fração quanto ao REH. Posto isto, decidiu-se realizar as mesmas intervenções realizadas para a fração do 1º andar, seguindo os resultados nas tabelas 5.17 e 5.18.

Tabela 5.16. – Valores das necessidades de aquecimento, arrefecimento e energia primária com reabilitação da cobertura (5º andar).

	$N_{ic} \leq N_i$	$N_{vc} \leq N_v$	$N_{tc} \leq N_t$	Classe Energética
Edifício de habitação multifamiliar (PORTO)	60,61 > 55,25	2,44 ≤ 9,13	182,52 > 171,92	C
	Não Cumpre	Cumpr	Não Cumpre	

Tabela 5.17. – Valores das necessidades de aquecimento, arrefecimento e energia primária com reabilitação da cobertura + ventilação (5º andar).

	$N_{ic} \leq N_i$	$N_{vc} \leq N_v$	$N_{tc} \leq N_t$	Classe Energética
Edifício de habitação multifamiliar (PORTO)	43,98 ≤ 55,25	4,06 ≤ 9,13	140,92 ≤ 171,92	B-
	Cumpr	Cumpr	Cumpr	

Tabela 5.18. – Valores das necessidades de aquecimento, arrefecimento e energia primária com reabilitação da cobertura + ventilação + AQS (5º andar).

	$N_{ic} \leq N_i$	$N_{vc} \leq N_v$	$N_{tc} \leq N_t$	Classe Energética
Edifício de habitação multifamiliar (PORTO)	43,98 ≤ 55,25	4,06 ≤ 9,13	116,16 ≤ 171,92	B
	Cumpr	Cumpr	Cumpr	

Cálculos apresentados pode-se observar que as perdas pela cobertura são bastante significativas, mesmo com uma intervenção de reabilitação na cobertura, não foi possível cumprir com os requisitos exigidos

para as necessidades de aquecimento e de energia primária, apesar dos valores  $N_{ic}$  e  $N_{tc}$  terem diminuído, não foi o suficiente para satisfazer o regulamento.

Seguidamente, com as duas intervenções propostas, a fração conseguiu satisfazer os requisitos exigidos, para a melhoria de ventilação conseguiu-se uma diminuição em quase 27% para as necessidades de aquecimento e uma diminuição de 18% nas necessidades de energia primária, contudo houve um ligeiro aumento das necessidades de arrefecimento, devido à melhoria do valor de  $R_{ph,i}$  e  $R_{ph,v}$  igual a  $0,64h^{-1}$ , fazendo com que haja menos perdas associadas à renovação de ar e menos transferência de calor por renovação do ar na estação de aquecimento.

Quanto à introdução de um sistema de produção de AQS na fração, este tornou a fração mais eficiente dotando-a com uma classe energética B.

## 5.4. CASO DE ESTUDO 3

### 5.4.1. ESTADO ATUAL DO CASO DE ESTUDO 3

Por último, o presente caso de estudo diz respeito ao edifício de habitação unifamiliar.

A metodologia a seguir para esta moradia é idêntica aos restantes casos de estudo, depois de apresentado todos os dados necessários para a caracterização da moradia (fig. 5.3.), inicia-se todos os cálculos regulamentares.

A moradia em estudo não está equipada com qualquer tipo de sistema de aquecimento, arrefecimento ou de fonte renovável. O único sistema que a moradia possui é um termoacumulador elétrico para produção de águas quentes sanitárias, sendo os restantes sistemas assumidos por defeito pelo REH.

Caracterização da Fração:			
EXISTENTE			
Edifício/FA situada no município	PORTO	Região NUTS III	Grande Porto
a uma altitude de	95 m	distância à costa	superior a 5km
Edifício situado	no interior de uma zona urbana		
Área útil de Pavimento	350.67	Pé-direito médio	2.70
Tipologia	T6	Classe de Inércia Térmica do Edifício	Média
		Região	A
		Rugosidade	I
		ROADMAP	2013
Sistemas:			
O edifício dispõe de rede de abastecimento de combustível líquido ou gasoso?		Sim	Qual? EPL (garrafas)
Existe aplicação de isolamento na tubagem de distribuição de AQS com resistência térmica $\geq 0.25 \text{ m}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{W}$ ?		Não	
Os chuveiros ou sistemas de duche da fração possuem certificado de eficiência hídrica com rótulo A ou superior?		Não	

Fig. 5.3. – Tabela informativa da habitação unifamiliar do séc. XIX.

Após todos os cálculos definidos obtém-se então as atuais necessidades nominais anuais de energia útil para aquecimento, arrefecimento bem como as necessidades nominais de energia primária para a moradia (tabela 5.19). Pode-se observar que a moradia em estudo possui enormes gastos de energia anuais, isto prende-se pelo facto, da moradia ser constituída por elementos construtivos com resistências térmicas muito baixas, fazendo com que haja grandes perdas de calor através da envolvente exterior, por elementos verticais e horizontais, e vãos envidraçados.

E ainda, a moradia não cumpre com os requisitos mínimos de  $U_{\text{máx}}$  dos elementos verticais e horizontais da envolvente exterior mas cumpre com o fator solar máximo dos vãos envidraçados ( $g_{\text{T máx}} = 0,56$ ) à exceção do vidro orientado a este. (Tabela 5.20).

Tabela 5.19. – Valores das necessidades de aquecimento, arrefecimento e energia primária da moradia sem reabilitação.

Edifício de habitação Unifamiliar (PORTO-SÉC.XIX)	$N_{ic} \leq N_i$	$N_{vc} \leq N_v$	$N_{tc} \leq N_t$	Classe Energética
	90,45 > 24,83	6,09 ≤ 9,13	277,34 > 101,44	
	Não Cumpre	Cumpre	Não cumpre	F

Tabela 5.20. – Verificação dos fatores solares dos vãos envidraçados segundo a tabela 4.23.

	FS verão	
R/ch (sul)	✓ (0,30 ≤ 0,56)	
1º andar (sul)	✓ (0,30 ≤ 0,56)	
2º andar (sul)	✓ (0,30 ≤ 0,56)	
Recuado (sul)	✓ (0,30 ≤ 0,56)	
1º andar (este)	X (0,71 > 0,56)	

Legenda:  
✓ - Cumpre  
X - Não cumpre

#### 5.4.2. PROPOSTA DE REABILITAÇÃO PARA O CASO DE ESTUDO 3

Por se tratar de uma moradia do século XIX, muitas das construções na altura, não eram de todo eficientes, com consumos energéticos elevados, impensáveis nos dias de hoje com o aumento gradual das exigências da sociedade.

Por isso, esta moradia vai ao encontro da necessidade de grandes intervenções, quanto à envolvente exterior, optou-se por uma reabilitação das paredes em granito com introdução do isolamento pelo interior [EPS (0,03m) + caixa de ar (0,01m) + placa de gesso (0,015 m)] com respetivo coeficiente de transmissão térmica,  $U_{\text{novo}, 0,64\text{m}} = 0,723 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C})$  e  $U_{\text{novo}, 0,11\text{m}} = 0,839 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C})$ , conservando o lado exterior das fachadas por motivos arquitetónicos, históricos e estéticos. Contudo, é importante referir, o facto do isolamento pelo interior diminuir a inércia térmica e por isso há que ter as devidas precauções com o controlo de ganhos solares. Caso estes sejam bem controlados, a redução da inércia trará menos problemas de falta de conforto térmico.

Realizou-se uma segunda reabilitação, a da cobertura com aplicação de uma camada de isolamento térmico descontínuo sobre a esteira horizontal, aplicando os Quadros II. 19 e 22 do ITE 50, resultando em novos coeficientes de transmissão térmica,  $U_{\text{ascendente}} = 0,89 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C})$  e  $U_{\text{descendente}} = 0,81 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C})$ . Tendo sempre presente as principais preocupações na conceção e execução de uma cobertura inclinada com desvão não útil (revestimento em telha cerâmica)[25].



Numa terceira reabilitação, foi necessário intervir a nível da ventilação da moradia. Com a respetiva folha de cálculo disponibilizada pelo LNEC (Fig. 3.15), propôs-se a introdução de grelhas auto-reguláveis de admissão nos compartimentos principais bem como grelhas de extração nos compartimentos de serviço, resultando  $R_{ph,i} = 0,58h^{-1}$  e  $R_{ph,v} = 0,60 h^{-1}$ . Estas grelhas de ventilação são compostas por um caudal nominal de aberturas auto-reguláveis a 2 Pa de  $630m^3/h$ .

Para uma reabilitação dos vãos envidraçados, numa moradia com alguns anos de construção, existem quatro possíveis estratégias de reabilitação, elas são, restauro utilizando técnicas materiais tradicionais, reabilitação utilizando técnicas e materiais contemporâneos, reabilitação introduzindo uma segunda caixilharia interior, e por último, uma substituição da caixilharia existente por uma nova. Para esta reabilitação há que ter todo o cuidado e ponderar qual a melhor estratégia de reabilitação, pois cada edifício tem a sua particularidade[25].

Portanto, a ideia para esta moradia foi utilizar a estratégia de reabilitação utilizando técnicas e materiais contemporâneos, mantendo a caixilharia de madeira (posteriormente tratada) com aplicação de vidros duplos com  $U_{wdn} = 2,9 W/(m^2 \cdot ^\circ C)$  [ITE 50 – Quadro III.1], permitindo melhorar o desempenho sem alterar a imagem original. No entanto, é importante ressaltar que, a aplicação de vidros duplos, numa caixilharia antiga, só é possível, desde que a geometria e as características dos caixilhos o permitam. Para este caso de estudo assumiu-se que existam as condições necessárias para a introdução de vidros duplos.

Manteve-se as portadas interiores opacas de cor branca com um fator  $g_{Tvc} = 0,35$  e com um fator solar do vidro de 0,75. Quanto aos vãos envidraçados de pequena dimensão situados no piso recuado, 2º andar e 1º andar, orientados a norte e este, respetivamente, estes possuem vidro duplo com um fator solar de 0,75.

Uma outra solução de reabilitação proposta passa pela reabilitação do pavimento em contato com o solo. Esta reabilitação consiste na remoção do antigo pavimento e escavação do terreno, colocação de uma caixa de brita com 15cm de espessura, colocação de uma camada de regularização com 5cm de espessura, aplicação de impermeabilização, colocação de uma camada de isolamento térmico de 3cm, aplicação de um filme de polietileno com uma espessura de 150µm, realização de camada de betonilha com 6cm[25] e por último aplicação de revestimento de soalho de madeira com espessura de 1cm. Ficando o pavimento térreo dotado com uma resistência térmica de  $R_{f,novo} = 1,646 (m^2 \cdot ^\circ C)/W$ .

Os resultados das reabilitações acima descritas estão apresentadas nas tabelas abaixo:

Tabela 5.21. – Valores das necessidades de aquecimento, arrefecimento e energia primária da moradia com reabilitação das paredes exteriores.

Edifício de habitação Unifamiliar (PORTO-SÉC.XIX)	$N_{ic} \leq N_i$	$N_{vc} \leq N_v$	$N_{tc} \leq N_t$	Classe Energética
	31,22>24,83	5,23≤9,13	128,50>101,44	C
	Não Cumpre	Cumpre	Não cumpre	

Tabela 5.22. – Valores das necessidades de aquecimento, arrefecimento e energia primária da moradia com reabilitação das paredes exteriores + cobertura.

	$N_{ic} \leq N_i$	$N_{vc} \leq N_v$	$N_{tc} \leq N_t$	Classe Energética
Edifício de habitação Unifamiliar (PORTO-SÉC.XIX)	25,13>24,83	6,12≤9,13	114,05>101,44	
	Não Cumpre	Cumpre	Não cumpre	C

Tabela 5.23. – Valores das necessidades de aquecimento, arrefecimento e energia primária da moradia com reabilitação das paredes exteriores + cobertura + ventilação.

	$N_{ic} \leq N_i$	$N_{vc} \leq N_v$	$N_{tc} \leq N_t$	Classe Energética
Edifício de habitação Unifamiliar (PORTO-SÉC.XIX)	29,34≤29,79	6,12≤9,13	125,59>113,85	
	Cumpre	Cumpre	Não cumpre	C

Tabela 5.24. – Valores das necessidades de aquecimento, arrefecimento e energia primária da moradia com reabilitação das paredes exteriores + cobertura + ventilação + vãos envidraçados.

	$N_{ic} \leq N_i$	$N_{vc} \leq N_v$	$N_{tc} \leq N_t$	Classe Energética
Edifício de habitação Unifamiliar (PORTO-SÉC.XIX)	27,91≤29,79	6,70≤9,13	119,21>113,85	
	Cumpre	Cumpre	Não cumpre	C

Tabela 5.25. – Valores das necessidades de aquecimento, arrefecimento e energia primária da moradia com reabilitação das paredes exteriores + cobertura + ventilação + vãos envidraçados + pavimento em contacto com o solo.

	$N_{ic} \leq N_i$	$N_{vc} \leq N_v$	$N_{tc} \leq N_t$	Classe Energética
Edifício de habitação Unifamiliar (PORTO-SÉC.XIX)	26,98≤29,79	6,70≤9,13	119,21>113,85	
	Cumpre	Cumpre	Não cumpre	C

Tabela 5.26. – Valores das necessidades de aquecimento, arrefecimento e energia primária da moradia com reabilitação das paredes exteriores + cobertura + ventilação + vãos envidraçados + pavimento em contacto com o solo + sistema de produção AQS.

	$N_{ic} \leq N_i$	$N_{vc} \leq N_v$	$N_{tc} \leq N_t$	Classe Energética
Edifício de habitação Unifamiliar (PORTO-SÉC.XIX)	26,98≤29,79	6,70≤9,13	107,85≤113,85	
	Cumpre	Cumpre	Cumpre	B

Com a realização das intervenções acima propostas, pode-se observar que à medida que se melhora termicamente os elementos construtivos da moradia, as necessidades de aquecimento obtiveram uma queda acentuada, reduzindo-as para mais de metade, logo com a primeira intervenção nas paredes exteriores, contudo com a intervenção de melhoria da ventilação, as necessidades de aquecimento sofreram um ligeiro aumento. Este aumento diz respeito às perdas de calor associadas à transferência de calor por renovação do ar.

Quanto às necessidades de arrefecimento ao longo das intervenções, estas vieram a sofrer um ligeiro aumento, devido à colocação de isolamento térmico dos elementos construtivos da moradia, fazendo com que esta fique termicamente isolada sem que haja trocas de calor com o exterior. Por sua vez, quanto melhor isolada ficar a moradia menos calor perder-se-á, maior necessidade de arrefecimento como se comprova com os resultados apresentados nas tabelas anteriores.

Assim como se verifica nas necessidades de aquecimento, as necessidades nominais anuais de energia primária seguem a mesma tendência, dotando a moradia de uma menor dependência de energia primária, passando de uma classe energética F para uma classe C.

Falando em reabilitação energética, é inevitável falar-se de sistemas solares térmicos para produção de águas quentes sanitárias, decidiu-se então proceder-se a instalação da mesma, conseguiu-se melhorar ainda mais a classe energética da moradia, ficando classificada em B. No entanto, no caso desta moradia, situada num ambiente urbano, em zona antiga, poderá ser difícil integrar harmoniosamente os painéis solares na cobertura.

Por fim, a moradia sem reabilitação apresentava valores elevados de consumo de energia, como é óbvio não cumpria com dois requisitos exigidos pelo regulamento. Após a reabilitação das paredes exteriores, cobertura e ventilação a moradia passou a cumprir com o requisito  $N_{ic} \leq N_i$ , apesar destes dois valores se encontrarem muito próximos um do outro. Depois de todas as reabilitações feitas, não foi possível o cumprimento estrito do regulamento sem que se procedesse à instalação de um sistema solar de produção de AQS na moradia. Só nessas condições é que todos os requisitos passaram a ser cumpridos.

No entanto, conforme foi referido no capítulo 3, a atual regulamentação estabelece limites mais tolerantes para edifícios antigos. Sendo assim e de acordo com a figura 3.18, uma vez que a habitação em estudo é datada do séc. XIX, as condições  $N_{ic} \leq N_i$  e  $N_{vc} \leq N_v$  não são aplicáveis. Para as necessidades nominais anuais de energia primária teria que ser aplicado um coeficiente de 1,50 como margem de tolerância, o que seria suficiente para que, com a intervenção de isolamento das paredes exteriores, se cumprisse a exigência do REH.

Note-se ainda que, no decorrer desta dissertação, como foi aprovado um documento designado por “regime de exceção”, caso a moradia continuasse a não cumprir com todos os requisitos, não haveria qualquer tipo de inconveniente, pois edifícios com mais de trinta anos ficam com dispensa de cumprimento de requisitos.

## 5.5. INFLUÊNCIA DA LOCALIZAÇÃO NA SATISFAÇÃO DAS EXIGÊNCIAS REGULAMENTARES

Depois dos cálculos regulamentares para cada habitação, importa agora observar como as necessidades de energia útil de aquecimento, arrefecimento e a energia primária se comportam para as diversas zonas climáticas do país.

De seguida apresentam-se os resultados dessa influência nas tabelas 5.27 à 5.30.

Tabela 5.27. – Resultado da influência da localização para o estado atual de cada habitação.

Estado Atual									
Casos de estudo	I <sub>1</sub>			I <sub>2</sub>			I <sub>3</sub>		
	V <sub>1</sub>	V <sub>2</sub>	V <sub>3</sub>	V <sub>1</sub>	V <sub>2</sub>	V <sub>3</sub>	V <sub>1</sub>	V <sub>2</sub>	V <sub>3</sub>
Nível intermédio									
Fração - Sines	$N_{ic} \leq N_i$	-	✓	✓	✓	✓	×	✓	×
	$N_{vc} \leq N_v$	-	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	$N_{tc} \leq N_t$	-	✓	✓	✓	✓	×	✓	×
	Abaixo da cobertura								
	$N_{ic} \leq N_i$	-	×	×	×	×	×	×	×
	$N_{vc} \leq N_v$	-	×	×	×	✓	×	✓	×
	$N_{tc} \leq N_t$	-	×	×	×	×	×	×	×
Nível intermédio									
Fração - Porto	$N_{ic} \leq N_i$	-	✓	✓	×	×	×	×	×
	$N_{vc} \leq N_v$	-	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	$N_{tc} \leq N_t$	-	✓	✓	×	×	×	×	×
	Abaixo da cobertura								
	$N_{ic} \leq N_i$	-	×	×	×	×	×	×	×
	$N_{vc} \leq N_v$	-	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	$N_{tc} \leq N_t$	-	×	×	×	×	×	×	×
Moradia séc. XIX - Porto	$N_{ic} \leq N_i$	-	×	×	×	×	×	×	×
	$N_{vc} \leq N_v$	-	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	$N_{tc} \leq N_t$	-	×	×	×	×	×	×	×

Legenda:

- Não foi possível realizar o cálculo, pelo motivo de não existir uma localização com zona climática I<sub>1</sub> V<sub>1</sub>.

✓ Cumpre o regulamento.

✗ Não cumpre o regulamento.

Tabela 5.28. – Resultado da influência da localização para as medidas de reabilitação da fração de Sines.

Medidas de Reabilitação – Fração Sines									
Casos de estudo	I <sub>1</sub>			I <sub>2</sub>			I <sub>3</sub>		
	V <sub>1</sub>	V <sub>2</sub>	V <sub>3</sub>	V <sub>1</sub>	V <sub>2</sub>	V <sub>3</sub>	V <sub>1</sub>	V <sub>2</sub>	V <sub>3</sub>
Nível intermédio	Reabilitação dos vãos envidraçados								
	$N_{ic} \leq N_i$	-	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	$N_{vc} \leq N_v$	-	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	$N_{tc} \leq N_t$	-	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	Reabilitação dos vãos envidraçados + ventilação								
	$N_{ic} \leq N_i$	-	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	$N_{vc} \leq N_v$	-	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	$N_{tc} \leq N_t$	-	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	Reabilitação dos vãos envidraçados + ventilação + AQS								
	$N_{ic} \leq N_i$	-	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	$N_{vc} \leq N_v$	-	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	$N_{tc} \leq N_t$	-	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Abaixo da cobertura	Reabilitação da cobertura								
	$N_{ic} \leq N_i$	-	✓	✓	×	×	×	×	×
	$N_{vc} \leq N_v$	-	✓	✓	✓	✓	✓	✓	×
	$N_{tc} \leq N_t$	-	✓	✓	×	×	×	×	×
	Reabilitação da cobertura + vãos envidraçados								
	$N_{ic} \leq N_i$	-	✓	✓	✓	✓	×	×	×
	$N_{vc} \leq N_v$	-	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	$N_{tc} \leq N_t$	-	✓	✓	✓	✓	×	×	×
	Reabilitação da cobertura + vãos envidraçados + ventilação								
	$N_{ic} \leq N_i$	-	✓	✓	✓	✓	×	×	×
	$N_{vc} \leq N_v$	-	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	$N_{tc} \leq N_t$	-	✓	✓	✓	✓	×	✓	×
	Reabilitação da cobertura + vãos envidraçados + ventilação + AQS								
	$N_{ic} \leq N_i$	-	✓	✓	✓	✓	×	×	×
	$N_{vc} \leq N_v$	-	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	$N_{tc} \leq N_t$	-	✓	✓	✓	✓	×	✓	✓

Tabela 5.29. – Resultado da influência da localização para as medidas de reabilitação da fração do Porto.

Medidas de Reabilitação – Fração Porto									
Casos de estudo	I <sub>1</sub>			I <sub>2</sub>			I <sub>3</sub>		
	V <sub>1</sub>	V <sub>2</sub>	V <sub>3</sub>	V <sub>1</sub>	V <sub>2</sub>	V <sub>3</sub>	V <sub>1</sub>	V <sub>2</sub>	V <sub>3</sub>
Nível intermédio	Melhoria da ventilação								
	$N_{ic} \leq N_i$	-	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	$N_{vc} \leq N_v$	-	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	$N_{tc} \leq N_t$	-	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	Melhoria da ventilação + AQS								
	$N_{ic} \leq N_i$	-	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	$N_{vc} \leq N_v$	-	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	$N_{tc} \leq N_t$	-	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	Reabilitação da cobertura								
Abaixo da cobertura	$N_{ic} \leq N_i$	-	×	×	×	×	×	×	×
	$N_{vc} \leq N_v$	-	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	$N_{tc} \leq N_t$	-	×	✓	×	×	×	×	×
	Reabilitação da cobertura + ventilação								
	$N_{ic} \leq N_i$	-	✓	✓	✓	✓	×	✓	✓
	$N_{vc} \leq N_v$	-	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	$N_{tc} \leq N_t$	-	✓	✓	✓	✓	×	×	×
	Reabilitação da cobertura + ventilação + AQS								
	$N_{ic} \leq N_i$	-	✓	✓	✓	✓	×	✓	✓
	$N_{vc} \leq N_v$	-	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	$N_{tc} \leq N_t$	-	✓	✓	✓	✓	×	✓	✓

Tabela 5.30. – Resultado da influência da localização para as medidas de reabilitação da moradia do séc. XIX - Porto.

Medidas de Reabilitação – Moradia séc. XIX - Porto									
Casos de estudo	I <sub>1</sub>			I <sub>2</sub>			I <sub>3</sub>		
	V <sub>1</sub>	V <sub>2</sub>	V <sub>3</sub>	V <sub>1</sub>	V <sub>2</sub>	V <sub>3</sub>	V <sub>1</sub>	V <sub>2</sub>	V <sub>3</sub>
Reabilitação das paredes exteriores									
$N_{ic} \leq N_i$	-	×	×	×	×	×	×	×	×
$N_{vc} \leq N_v$	-	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
$N_{tc} \leq N_t$	-	×	×	×	×	×	×	×	×
Reabilitação das paredes exteriores + cobertura									
$N_{ic} \leq N_i$	-	×	×	×	×	×	×	×	×
$N_{vc} \leq N_v$	-	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
$N_{tc} \leq N_t$	-	×	×	×	×	×	×	×	×
Reabilitação das paredes exteriores + cobertura + ventilação									
$N_{ic} \leq N_i$	-	✓	×	×	×	×	×	×	×
$N_{vc} \leq N_v$	-	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
$N_{tc} \leq N_t$	-	×	×	×	×	×	×	×	×
Reabilitação das paredes exteriores + cobertura + ventilação + vãos envidraçados									
$N_{ic} \leq N_i$	-	✓	✓	×	×	×	×	×	×
$N_{vc} \leq N_v$	-	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
$N_{tc} \leq N_t$	-	×	×	×	×	×	×	×	×
Reabilitação das paredes exteriores + cobertura + ventilação + vãos envidraçados + pavimento									
$N_{ic} \leq N_i$	-	✓	✓	×	×	×	×	×	×
$N_{vc} \leq N_v$	-	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
$N_{tc} \leq N_t$	-	×	×	×	×	×	×	×	×
Reabilitação das paredes exteriores + cobertura + ventilação + vãos envidraçados + pavimento + AQS									
$N_{ic} \leq N_i$	-	✓	✓	×	×	×	×	×	×
$N_{vc} \leq N_v$	-	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
$N_{tc} \leq N_t$	-	✓	✓	×	×	×	×	×	×

Quanto às necessidades nominais de aquecimento, para o estado atual das frações, pode-se observar que, quanto maior a severidade nas estações de inverno e verão maior serão as necessidades, e consequentemente um aumento da energia consumida, para torna-las o mais confortáveis possíveis para os utilizadores. Isto é, quanto mais rigoroso foi o inverno, mais crescem as necessidades de aquecimento, por sua vez a temperatura exterior é mais baixa, sendo necessário mais energia para mante-las no mínimo confortáveis. No entanto, com a reabilitação a que cada uma foi sujeita, pode-se verificar nas tabelas 5.28 e 5.29 que as frações conseguem cumprir com o regulamento exigido independentemente da localização climática, apesar dos valores destas necessidades ficarem cada vez mais próximos dos valores máximos à medida que avançamos no grau de severidade.

Como era de esperar, que a moradia apresentasse valores elevados de necessidades de aquecimento e de energia primária, devido à sua construção antiga, em que os seus elementos construtivos são de condutibilidade térmica bastante elevados, havendo por isso, aumento das perdas térmicas pelas envolventes.

Já em relação às frações ao nível da cobertura, estas apresentam um valor de  $N_{ic}$  bem mais elevado do que o seu valor máximo,  $N_t$ , pelo facto de a cobertura não se encontrar termicamente isolada, fazendo com que possibilite trocas de calor com o exterior e vice-versa. Verificou-se que à medida que se aumentava o grau de severidade o valor de  $N_{ic}$  aumentava ligeiramente. Contudo, ao proceder a medidas de reabilitação, verificou-se em algumas zonas climáticas que as soluções propostas não seriam suficientes ou adequadas continuando a não fazer-se cumprir com o regulamento.

Quanto às necessidades de arrefecimento, pode-se verificar que em todos os casos de estudo, estas necessidades acabam maioritariamente por cumprir o regulamento. Apesar deste cumprimento, foi possível observar que para zonas mais a sul do país as necessidades de arrefecimento eram muito maiores do que as mesmas necessidades localizadas a norte, devido às temperaturas médias exteriores a sul serem mais altas do que a norte, com isto será necessário recorrer a mais energia para manter a temperatura no interior da habitação apropriada.

Relativamente às necessidades de energia primária, estas podem ser relacionadas com o facto de haver um inverno mais rigoroso ou não. Como se pode observar, para as zonas com mais severidade climática é muito difícil de se fazer cumprir com o requisito  $N_{ic} \leq N_t$ , pela simples razão das condições climáticas aí serem adversas, enquanto o requisito  $N_{ic} \leq N_t$  só é cumprido na maior parte dos casos na zona climática (II/V2V3). Este requisito acaba por englobar várias parcelas que vai determinar se o edifício de habitação cumpre com o regulamento.

Em suma, as frações estudadas, dependendo das zonas climáticas e do grau de severidade de cada uma, acabam por conseguir cumprir com os requisitos exigidos pelo REH, já a moradia, apesar de todas as soluções propostas, é difícil cumprir estritamente com o regulamento para a maior parte das zonas climáticas. No entanto, com a aplicação da **exigência efetiva** do REH, isto é, apenas a de  $N_{ic}$  ser menor do que  $1,50 \times N_t$ , a moradia consegue cumprir com esta exigência, para todas as zonas climáticas, contudo para a zona climática I3V3 na reabilitação das paredes exteriores + cobertura + ventilação os valores das necessidades ficam próximos.



## 6. CONCLUSÕES

### 6.1. CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com o novo regulamento de desempenho energético dos edifícios de habitação em vigor, novas definições de requisitos e metodologias para a avaliação do desempenho energético foram adotadas, as quais assentam em dois pilares, o comportamento térmico e a eficiência de sistemas. Sendo ainda definidos requisitos específicos para novos edifícios, edifícios com necessidade de grandes intervenções e edifícios existentes.

Para os novos edifícios todos os requisitos, regras e metodologias indicadas na presente dissertação têm de ser cumpridas e a instalação de sistemas solares térmicos para aquecimento de águas sanitárias é **obrigatória**. No caso de moradias unifamiliares novas com área útil inferior a 50m<sup>2</sup>, estas ficam dispensadas da verificação dos requisitos de comportamento térmico.

Para edifícios com grandes necessidades de intervenção são também exigidos os requisitos estabelecidos pelo atual REH, e em caso de incompatibilidade de ordem técnica, de valor arquitetónico, viabilidade económica ou funcional o autor do projeto pode adotar soluções nos elementos a intervir desde que justifique essas mesmas “[13] (...) incompatibilidades existente e a impossibilidade de cumprimento integral dos requisitos aplicáveis; Demonstre que, com as soluções alternativas preconizadas, o desempenho do edifício não diminui em relação à situação antes da grande intervenção; As situações de incompatibilidade, respetivas soluções alternativas e potenciais consequências fiquem explícitas no pré-certificado e no certificado SCE, nos casos aplicáveis.”. Quanto a ampliações em que se verifique a construção de um “corpo novo”, este fica sujeito ao cumprimento dos valores do coeficiente de transmissão térmica da envolvente e vãos envidraçados bem como ao fator solar máximo de vãos envidraçados.

Depois de analisados os resultados, pode-se concluir que esta nova regulamentação veio impor uma exigência elevada no sentido de tornar o edifício mais eficiente do ponto de vista energético, minimizando os custos com o consumo de energia.

Para o primeiro e segundo casos de estudos, pode se concluir que as frações localizadas entre outras frações conseguem cumprir com as exigências regulamentares, no entanto é importante referir que no primeiro caso de estudo visto não existir dispositivos de ventilação os valores das necessidades de arrefecimento são mais altos comparativamente com os valores das necessidades de arrefecimento do segundo caso de estudo onde existe um dispositivo de ventilação mecânica. Com as intervenções propostas em cada uma das frações observou-se uma diminuição sequencial das necessidades de aquecimento, devido a uma melhoria de isolamento térmico dos elementos que as constituem, fazendo com que as frações tenham menos trocas de calor para o exterior, consequentemente as necessidades de arrefecimento aumentam e quando se pretende melhorar a qualidade do ar, melhorando a ventilação, acaba por

prejudicar o valor de  $N_{ic}$ , devido ao aumento de perdas de calor associadas à ventilação (aumento do  $R_{ph}$ ).

Quanto às frações localizadas em contacto com a cobertura, estas apresentam-se em incumprimento com o regulamento (quer para a fração de Sines quer para a fração do Porto), isto deve-se, aos elevados ganhos e perdas de calor através da cobertura. Contudo, quando se procede a uma melhoria por parte da cobertura, as frações acabam por cumprir o regulamento em termos de exigências pretendidas, no seguimento das intervenções propostas, as frações têm idênticos comportamentos às restantes frações, isto é, os valores de  $N_{ic}$  diminuem a cada melhoria térmica, bem como os valores de  $N_{ic}$ , por sua vez, com a melhoria do valor de  $R_{ph}$  há um aumento de perdas de calor, fazendo com que o  $N_{ic}$  aumente, podendo levar a fração a deixar de cumprir com o regulamento devido ao aumento de exigências na estação de aquecimento, mas não é o caso das presentes frações em estudo.

No entanto, com as instalações de sistemas de painéis solares térmicos para produção de AQS veio permitir que as frações ficassem melhor classificadas energeticamente e por sua vez, mais independentes do consumo de energia, indo ao encontro de uma fração mais sustentável e eficiente pretendido pelo REH.

Quanto à moradia unifamiliar, por esta ser uma moradia datada do séc. XIX era de esperar que não cumprisse com nenhum requisito, no entanto conseguiu cumprir com o requisito da estação de arrefecimento, muito possivelmente devido à inexistência de ganhos solares significativos e à existência de duas grelhas de admissão de ar na moradia, renovando o ar interior, contudo não o suficiente necessitando de uma melhoria no sistema de ventilação. Posteriormente procedeu-se as intervenções propostas no capítulo cinco com os devidos resultados, verificando uma melhoria energética a cada intervenção, no entanto só com a introdução de uma sistema de AQS é que foi possível a verificação em pleno de todos os requisitos, passando a moradia de uma classe F para uma classe B. Sem esta instalação, a moradia continuava a não cumprir estritamente com o requisito de  $N_{ic} \leq N_t$ , por mais que se quisesse intervir no sentido de melhorar os requisitos, muito possivelmente a moradia continuava em não cumprimento, devido a incompatibilidades, como a preservação arquitetónica, áreas de compartimentos ou vão envidraçados, entre outras características construtivas de edifícios existentes antigos. No entanto, sendo uma moradia antiga, a margem de tolerância de 150% de  $N_t$  que o REH define provou ser suficiente para não inviabilizar a simples reabilitação da moradia. Um reforço do isolamento térmico das paredes exteriores é suficiente para cumprir com os requisitos regulamentares. Quanto aos objetivos propostos na presente dissertação, foi possível conhecer a nova regulamentação em vigor e o que ela traz de novo e acrescenta, ao que se praticava no nosso país (RCCTE) e que veio contribuir para o aumento de exigências térmicas e energéticas. Foi possível explorar a nova ferramenta de cálculo automático para a realização do cálculo regulamentar, contudo foi um processo moroso pelo facto de ser uma nova ferramenta e de estar mais familiarizado com o antigo regulamento. Posto isto, foi então possível identificar as exigências regulamentares impostas pelo REH, bem como testar e simular as várias soluções de reabilitação energética para os edifícios selecionados.

Para concluir, existem edifícios de habitação para os quais a reabilitação energética compensa mais que outros. É então necessário avaliar todos os caminhos energéticos de uma habitação e ver aquelas que precisam mais de intervenção urgente, tendo em conta os prós e contras de cada uma delas, pois como já foi referido na presente dissertação cada caso é um caso. Contudo uma melhoria energética é sempre boa, por mais pequeno que seja o ganho de energia, é sempre recompensador tendo consciência que uma não mudança da classe energética não implica que a habitação não seja eficiente com a solução proposta.

Por fim, não havendo uma solução “cirúrgica” de reabilitação que vá ao encontro de melhorar a eficiência energética de uma habitação, penso que a melhor solução é aquela que torne a habitação mais

eficiente, mais sustentável, mais confortável e mais económica, dotando a fração, moradia ou edifício de habitação com uma autonomia respeitante à energia primária e claro mais atrativa de acordo com as elevadas exigências dos utilizadores.

## **6.2. DESENVOLVIMENTOS FUTUROS**

Apesar da aplicação da nova regulamentação se encontrar em “stand-by” devido ao atual regime de exceção aprovado pelo atual governo, foi possível verificar com cálculos regulamentares, como os três casos de estudo se comportaram com a aplicação da nova regulamentação e de que forma o REH trouxe melhorias significativas para o bem-estar dos utilizadores dos edifícios. Foi, também possível testar várias soluções de reabilitação nos três casos de estudo e observar como eles se “comportavam” em termos térmicos e energéticos e como isso poderia afetar a classe energética de cada um, de modo a dota-los de mais eficiência energética.

Contudo seria interessante estudar edifícios com grande carácter histórico e com algumas particularidades arquitetónicas e perceber como estudar as várias possibilidades de reabilitação energética de edifícios existentes e avaliar se haverá compatibilidade de exigências com esta nova regulamentação, no fundo será um estudo mais técnico e pormenorizado para saber qual a melhor solução energética a aplicar num elemento construtivo e se vai de encontro com as exigências do REH e das características do edifício existente, sem danificar a sua segurança e estabilidade.



## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Decreto-Lei n.º53/2014 de 8 de abril. Diário da República n.º69 - 1ªSérie, pp 2337-2340. Ministério do Ambiente, Ordenamento do Território e Energia, Lisboa 2014.
- [2] LNEC, INE. *O Parque Habitacional e a sua Reabilitação Análise e Evolução 2001-2011*. Edição 2013, Lisboa 2013.
- [3] ADENE, Agência para a Energia, *Guia da eficiência energética*, pp.1-87, Lisboa 2012.
- [4] <http://www.energiaportugal.pt/pt/energia-em-portugal>. março de 2014.
- [5] Direção Geral de Geologia e Energia, *Reabilitação energética da envolvente de edifícios residenciais*, novembro de 2004, pp. 1-40, DGGE, Lisboa.
- [6] Paiva, J. Vasconcelos, Aguiar, J., Pinho, A. *Guia Técnico de Reabilitação Habitacional*, vol. 2. pp.759, Instituto Nacional de Habitação, Lisboa, 2006.
- [7] Paiva, J. Vasconcelos. *Medidas de reabilitação energética em edifícios*. Comunicação: "reabilitação energética de edifícios em zonas urbanas: caso de habitação social", março de 2000, Lisboa, pp. 24, Lisboa.
- [8] *Ventilação e evacuação dos produtos da combustão dos locais com aparelhos a gás parte 1: edifícios de habitação*. Ventilação natural NP 1037:1 de 2002. Instituto Português da Qualidade.
- [9] *Regulamento das Características do Comportamento Térmico dos Edifícios* (Decreto-Lei n.º40/1990, de 6 de fevereiro), Diário da República n.º31, 1ªSérie, pp. 490-509.
- [10] Borges, P. Miguel Ramos. *Certificação energética de edifícios existentes estudo sobre a melhoria do desempenho térmico das paredes exteriores e respectiva análise técnico-económica*. Dissertação de Mestrado Integrado em Engenharia Civil, FEUP, 2009.
- [11] Pereira, J. *Projecto de comportamento térmico verificação da influência da ventilação natural e do sistema de preparação de águas quentes sanitárias no cumprimento regulamentar*. Dissertação de Mestrado Integrado em Engenharia Civil, FEUP, 2008.
- [12] DIRECTIVA 2002/91/CE do Parlamento Europeu e do Conselho de 16 de Dezembro de 2002 relativa ao desempenho energético dos edifícios, *Jornal Oficial das Comunidades Europeias*, 4 de janeiro 2003, pp.65-71, Bruxelas.
- [13] Decreto-Lei n.º118/2013 de 20 de agosto. Diário da República n.º 159 - 1ªSérie, pp. 4988–5005, Ministério da Economia e Emprego, Lisboa.
- [14] <http://www.cmaiscentro.pt/portal/index.php/certificacao-energetica>. março de 2014.
- [15] Rodrigues, M. Parente. *Evolução da regulamentação térmica de edifícios estudo comparativo*. Dissertação de Mestrado Integrado em Engenharia Civil, FEUP, 2014.
- [16] Portaria n.º 349-B/2013. Diário da República, 1ªSérie - n.º232 - 29 de novembro de 2013, pp. 18-29. Ministério do Ambiente, Ordenamento do Território e Energia, Lisboa.

- [17] Despacho nº15793-F/2013. Diário da República, 2ªSérie - n.º 234 - 3 de dezembro de 2013, pp. 26-31, Lisboa.
- [18] Corvacho, H. *Nova regulamentação no domínio da Térmica dos Edifícios*. Seminário - Eficiência Energética, que futuro?, 21 de fevereiro, Auditório da Câmara de Barcelos, Barcelos, pp. 30, 2014.
- [19] Despacho nº15793-K/2013. Diário da República, 2ªSérie - n.º 234 - 3 de dezembro de 2013, pp. 58-87, Lisboa.
- [20] Despacho nº15793-E/2013. Diário da República, 2ªSérie - n.º 234 - 3 de dezembro de 2013, pp. 14-25, Lisboa.
- [21] Pinto, A. *Aplicação LNEC para a ventilação no âmbito do REH e RECS*. Lisboa, LNEC, 2014.
- [22] Despacho nº15793-I/2013. Diário da República, 2ªSérie - n.º 234 - 3 de dezembro de 2013, pp. 41-54, Lisboa.
- [23] Despacho nº15793-H/2013. Diário da República, 2ªSérie - n.º 234 - 3 de dezembro de 2013, pp. 36-40, Lisboa.
- [24] Martins, A. *Reabilitação Térmica e Energética de Vãos Envidraçados*. Dissertação de Mestrado Integrado em Engenharia Civil, FEUP, 2009.
- [25] Freitas, V. Peixoto de. [et al]. *Manual de apoio ao projecto de reabilitação de edifícios antigos*. p.300, Ordem dos Engenheiros da Região Norte, Porto, 2012.

## **A1**

### **APRESENTAÇÃO DOS CÁLCULOS DOS VALORES DAS NECES- SIDADES NOMINAIS DE ENERGIA PARA OS TRÊS CASOS DE ES- TUDOS (SEM E COM AS REABILITAÇÕES PROPOSTAS)**

**A1.1.** Fração – 1º andar - SINES (Sem reabilitação – atual estado da fração)**Síntese**

	Ap (m²)	62.85	
	Pd (m)	2.70	
	Aenv (m²)	7.02	
Classe de Inércia Térmica do Edifício	Forte		
		<b>Cálculo</b>	<b>Referência</b>
	Aenv/Ap	11%	11%
A - Transmissão	Hext (W/°C)	78.5	57.3
	Hint (W/°C)	0.0	0.0
	Hecs (W/°C)	0	0
	Htr (W/°C)	78.5	57.3
B - Ventilação	Rph,i (h-1)	0.40	0.40
	Hve,i (W/°C)	23.1	23.1
	Rph,v (h-1)	0.60	-
	Hve,v (W/°C)	34.6	-
C - Ganhos Aquecimento	Qint,i (kWh/ano)	945	945
	Qsol,i (kWh/ano)	792	343
	Qg,i (kWh/ano)	1737	1288
D - Ganhos Arrefecimento	Qint,v (kWh/ano)	736	-
	Qsol,v (kWh/ano)	790	-
	Qg,v (kWh/ano)	1526	3493
E - Energia nominal para Aquecimento	Qtr,i (kWh/ano)	1971	1438
	Qve,i (kWh/ano)	579	579
	$\eta_i$	0.93	0.60
	Qgu,i (kWh/ano)	1609	773
	Nic (kWh/m².ano)	14.98	20
F - Energia para Arrefecimento	Qtr,v (kWh/ano)	644	-
	Qve,v (kWh/ano)	284	-
	$\eta_v$	0.58	0.75
	Qg,v (kWh/ano)	1526	3493
	Nvc (kWh/m².ano)	10.30	14
G - Energia Global	Aquecimento (kWhEP/m².ano)	37.45	49.49
	Arrefecimento (kWhEP/m².ano)	9.20	12.58
	feh	1.00	1.00
	Qa/Ap (kWh/m².ano)	28.37	28.37
	AQS (kWhEP/m².ano)	36.65	32.99
	Vent. Mecânica (kWhEP/m².ano)	0.00	0
	Eren (kWh/ano)	0	0
	Renovável (kWhEP/m².ano)	0.00	0
	Global (kWhEP/m².ano)	83.30	95.05
CLASSE ENERGÉTICA	Ntc/Nt	0.88	B-

perdas de calor através da envolvente interior  
perdas de calor através de elementos em contacto com o solo

Perdas associadas à renovação de ar

Ganhos Internos no inverno

Transferência de calor por transmissão na estação de aquecimento Qtr,i  
Transferência de calor por renovação do ar na estação de aquecimento Qve,i

Ganhos totais úteis na estação de aquecimento Qgu,i

Necessidades Nominais Anuais de Energia Útil para Aquecimento Nic

Transferência de calor por transmissão na estação de arrefecimento Qtr,v  
Transferência de calor por renovação do ar na estação de arrefecimento Qve,v

Necessidades Nominais Anuais de Energia Útil na Estação de Arrefecimento Nvc

Energia primária para aquecimento

Energia primária para arrefecimento

Energia primária para a preparação de AQS

Energia primária necessária para o sistema de ventilação mecânica

Energia primária proveniente de sistemas com recurso a energia renovável

Necessidades nominais anuais globais de energia primária Ntc



## A1.2. Fração - 1º andar - SINES (Reabilitação dos vãos envidraçados)

## Síntese

	Ap (m²)	62.85		
	Pd (m)	2.70		
	Aenv (m²)	7.02		
Classe de Inércia Térmica do Edifício		Forte		
	Aenv/Ap	11%	Referência	
A - Transmissão	Hext (W/°C)	65.9	57.3	
	Hint (W/°C)	0.0	0.0	perdas de calor através da envolvente interior
	Hecc (W/°C)	0	0	perdas de calor através de elementos em contacto com o solo
	Htr (W/°C)	65.9	57.3	
B - Ventilação	Rph,i (h-1)	0.40	0.40	
	Hve,i (W/°C)	23.1	23.1	Perdas associadas à renovação de ar
	Rph,v (h-1)	0.60	-	
	Hve,v (W/°C)	34.6	-	
C - Ganhos Aquecimento	Qint,i (kWh/ano)	945	945	Ganhos Internos no inverno
	Qsol,i (kWh/ano)	709	343	
	Qg,i (kWh/ano)	1654	1288	
D - Ganhos Arrefecimento	Qint,v (kWh/ano)	736	-	
	Qsol,v (kWh/ano)	705	-	
	Qg,v (kWh/ano)	1441	3493	
E - Energia nominal para Aquecimento	Qtr,i (kWh/ano)	1655	1438	Transferência de calor por transmissão na estação de aquecimento Qtr,i
	Qve,i (kWh/ano)	579	579	Transferência de calor por renovação do ar na estação de aquecimento Qve,i
	$\eta_i$	0.91	0.60	
	Qgu,i (kWh/ano)	1501	773	Ganhos totais úteis na estação de aquecimento Qgu,i
	Nic (kWh/m².ano)	11.68	20	Necessidades Nominais Anuais de Energia Útil para Aquecimento Nic
F - Energia para Arrefecimento	Qtr,v (kWh/ano)	541	-	Transferência de calor por transmissão na estação de arrefecimento Qtr,v
	Qve,v (kWh/ano)	284	-	Transferência de calor por renovação do ar na estação de arrefecimento Qve,v
	$\eta_v$	0.55	0.75	
	Qg,v (kWh/ano)	1441	3493	
	Nvc (kWh/m².ano)	10.38	14	Necessidades Nominais Anuais de Energia Útil na Estação de Arrefecimento Nvc
G - Energia Global	Aquecimento (kWhEP/m².ano)	29.21	49.49	Energia primária para aquecimento
	Arrefecimento (kWhEP/m².ano)	9.27	12.58	Energia primária para arrefecimento
	feh	1.00	1.00	
	Qa/Ap (kWh/m².ano)	28.37	28.37	
	AQS (kWhEP/m².ano)	36.65	32.99	Energia primária para a preparação de AQS
	Vent. Mecânica (kWhEP/m².ano)	0.00	0	Energia primária necessária para o sistema de ventilação mecânica
	Eren (kWh/ano)	0	0	
	Renovável (kWhEP/m².ano)	0.00	0	Energia primária proveniente de sistemas com recurso a energia renovável
	Global (kWhEP/m².ano)	75.13	95.05	Necessidades nominais anuais globais de energia primária Ntc
CLASSE ENERGÉTICA	Ntc/Nt	0.79	B-	

## A1.3. Fração – 1º andar - SINES (Reabilitação vãos envidraçados + ventilação)

<b>Síntese</b>			
	Ap (m²)	62.85	
	Pd (m)	2.70	
	Aenv (m²)	7.02	
Classe de Inércia Térmica do Edifício		Forte	
	<b>Cálculo</b>	<b>Referência</b>	
	Aenv/Ap	11%	11%
A - Transmissão	Hext (W/°C)	65.9	57.3
	Hint (W/°C)	0.0	0.0
	Hecs (W/°C)	0	0
	Htr (W/°C)	65.9	57.3
B - Ventilação	Rph,i (h-1)	0.56	0.56
	Hve,i (W/°C)	32.3	32.3
	Rph,v (h-1)	0.60	-
	Hve,v (W/°C)	34.6	-
C - Ganhos Aquecimento	Qint,i (kWh/ano)	945	945
	Qsol,i (kWh/ano)	709	343
	Qg,i (kWh/ano)	1654	1288
D - Ganhos Arrefecimento	Qint,v (kWh/ano)	736	-
	Qsol,v (kWh/ano)	705	-
	Qg,v (kWh/ano)	1441	3493
E - Energia nominal para Aquecimento	Qtr,i (kWh/ano)	1655	1438
	Qve,i (kWh/ano)	811	811
	ηi	0.93	0.60
	Qgu,i (kWh/ano)	1538	773
F - Energia para Arrefecimento	Nic (kWh/m².ano)	14.78	23
	Qtr,v (kWh/ano)	541	-
	Qve,v (kWh/ano)	284	-
	ηv	0.55	0.75
	Qg,v (kWh/ano)	1441	3493
G - Energia Global	Nvc (kWh/m².ano)	10.38	14
	Aquecimento (kWhEP/m².ano)	36.94	58.70
	Arrefecimento (kWhEP/m².ano)	9.27	12.58
	feh	1.00	1.00
	Qa/Ap (kWh/m².ano)	28.37	28.37
	AQS (kWhEP/m².ano)	36.65	32.99
	Vent. Mecânica (kWhEP/m².ano)	0.00	0
	Eren (kWh/ano)	0	0
	Renovável (kWhEP/m².ano)	0.00	0
	Global (kWhEP/m².ano)	82.86	104.27
CLASSE ENERGÉTICA		Ntc/Nt	0.79
			B-

perdas de calor através da envolvente interior  
perdas de calor através de elementos em contacto com o solo

Perdas associadas à renovação de ar

Ganhos Internos no inverno

Transferência de calor por transmissão na estação de aquecimento Qtr,i  
Transferência de calor por renovação do ar na estação de aquecimento Qve,i

Ganhos totais úteis na estação de aquecimento Qgu,i

Necessidades Nominais Anuais de Energia Útil para Aquecimento Nic

Transferência de calor por transmissão na estação de arrefecimento Qtr,v

Transferência de calor por renovação do ar na estação de arrefecimento Qve,v

Necessidades Nominais Anuais de Energia Útil na Estação de Arrefecimento Nvc

Energia primária para aquecimento

Energia primária para arrefecimento

Energia primária para a preparação de AQS

Energia primária necessária para o sistema de ventilação mecânica

Energia primária proveniente de sistemas com recurso a energia renovável

Necessidades nominais anuais globais de energia primária Ntc

**A1.4. Fração – 1º andar - SINES (Reabilitação vãos envidraçados + ventilação + AQS)****Síntese**

	Ap (m <sup>2</sup> )	62.85		
	Pd (m)	2.70		
	Aenv (m <sup>2</sup> )	7.02		
Classe de Inércia Térmica do Edifício		Forte		
		<b>Cálculo</b>	<b>Referência</b>	
	Aenv/Ap	11%	11%	
A - Transmissão	Hext (W/°C)	65.9	57.3	
	Hint (W/°C)	0.0	0.0	perdas de calor através da envolvente interior
	Hecs (W/°C)	0	0	perdas de calor através de elementos em contacto com o solo
	Htr (W/°C)	65.9	57.3	
B - Ventilação	Rph,i (h-1)	0.56	0.56	
	Hve,i (W/°C)	32.3	32.3	Perdas associadas à renovação de ar
	Rph,v (h-1)	0.60	-	
	Hve,v (W/°C)	34.6	-	
C - Ganhos Aquecimento	Qint,i (kWh/ano)	945	945	Ganhos Internos no inverno
	Qsol,i (kWh/ano)	709	343	
	Qg,i (kWh/ano)	1654	1288	
D - Ganhos Arrefecimento	Qint,v (kWh/ano)	736	-	
	Qsol,v (kWh/ano)	705	-	
	Qg,v (kWh/ano)	1441	3493	
E - Energia nominal para Aquecimento	Qtr,i (kWh/ano)	1655	1438	Transferência de calor por transmissão na estação de aquecimento Qtr,i
	Qve,i (kWh/ano)	811	811	Transferência de calor por renovação do ar na estação de aquecimento Qve,i
	ηi	0.93	0.60	
	Qgu,i (kWh/ano)	1538	773	Ganhos totais úteis na estação de aquecimento Qgu,i
F - Energia para Arrefecimento	Nic (kWh/m <sup>2</sup> .ano)	14.78	23	Necessidades Nominais Anuais de Energia Útil para Aquecimento Nic
	Qtr,v (kWh/ano)	541	-	Transferência de calor por transmissão na estação de arrefecimento Qtr,v
	Qve,v (kWh/ano)	284	-	Transferência de calor por renovação do ar na estação de arrefecimento Qve,v
	ηv	0.55	0.75	
G - Energia Global	Qg,v (kWh/ano)	1441	3493	
	Nvc (kWh/m <sup>2</sup> .ano)	10.38	14	Necessidades Nominais Anuais de Energia Útil na Estação de Arrefecimento Nvc
	Aquecimento (kWhEP/m <sup>2</sup> .ano)	36.94	58.70	Energia primária para aquecimento
	Arrefecimento (kWhEP/m <sup>2</sup> .ano)	9.27	12.58	Energia primária para arrefecimento
	feh	1.00	1.00	
	Qa/Ap (kWh/m <sup>2</sup> .ano)	28.37	28.37	
	AQS (kWhEP/m <sup>2</sup> .ano)	31.85	32.99	Energia primária para a preparação de AQS
	Vent. Mecânica (kWhEP/m <sup>2</sup> .ano)	0.00	0	Energia primária necessária para o sistema de ventilação mecânica
	Eren (kWh/ano)	1033	0	
	Renovável (kWhEP/m <sup>2</sup> .ano)	16.43	0	Energia primária proveniente de sistemas com recurso a energia renovável
	Global (kWhEP/m <sup>2</sup> .ano)	61.63	104.27	Necessidades nominais anuais globais de energia primária Ntc
<b>CLASSE ENERGÉTICA</b>	<b>Ntc/Nt</b>	<b>0.59</b>	<b>B</b>	

### A1.5. Fração – 4º andar - SINES (Sem reabilitação – atual estado da fração)

<b>Síntese</b>			
	Ap (m²)	62.85	
	Pd (m)	2.70	
	Aenv (m²)	7.02	
Classe de Inércia Térmica do Edifício		Forte	
		<b>Cálculo</b>	<b>Referência</b>
	Aenv/Ap	11%	11%
A - Transmissão	Hext (W/°C)	196.1	90.2
	Hint (W/°C)	0.0	0.0
	Hecs (W/°C)	0	0
	Htr (W/°C)	196.1	90.2
B - Ventilação	Rph,i (h-1)	0.40	0.40
	Hve,i (W/°C)	23.1	23.1
	Rph,v (h-1)	0.60	-
	Hve,v (W/°C)	34.6	-
C - Ganhos Aquecimento	Qint,i (kWh/ano)	945	945
	Qsol,i (kWh/ano)	1159	343
	Qg,i (kWh/ano)	2104	1288
D - Ganhos Arrefecimento	Qint,v (kWh/ano)	736	-
	Qsol,v (kWh/ano)	2219	-
	Qg,v (kWh/ano)	2955	3493
E - Energia nominal para Aquecimento	Qtr,i (kWh/ano)	4922	2264
	Qve,i (kWh/ano)	579	579
	$\eta_i$	0.99	0.60
	Qgu,i (kWh/ano)	2081	773
	Nic (kWh/m².ano)	54.43	33
F - Energia para Arrefecimento	Qtr,v (kWh/ano)	1607	-
	Qve,v (kWh/ano)	284	-
	$\eta_v$	0.60	0.75
	Qg,v (kWh/ano)	2955	3493
	Nvc (kWh/m².ano)	18.77	14
G - Energia Global	Aquecimento (kWhEP/m².ano)	136.07	82.36
	Arrefecimento (kWhEP/m².ano)	16.76	12.58
	feh	1.00	1.00
	Qa/Ap (kWh/m².ano)	28.37	28.37
	AQS (kWhEP/m².ano)	36.65	32.99
	Vent. Mecânica (kWhEP/m².ano)	0.00	0
	Eren (kWh/ano)	0	0
	Renovável (kWhEP/m².ano)	0.00	0
	Global (kWhEP/m².ano)	189.49	127.93
CLASSE ENERGÉTICA		Ntc/Nt	1.48
			C

perdas de calor através da envolvente interior

perdas de calor através de elementos em contacto com o solo

Perdas associadas à renovação de ar

Ganhos Internos no inverno

Transferência de calor por transmissão na estação de aquecimento Qtr,i

Transferência de calor por renovação do ar na estação de aquecimento Qve,i

Ganhos totais úteis na estação de aquecimento Qgu,i

Necessidades Nominais Anuais de Energia Útil para Aquecimento Nic

Transferência de calor por transmissão na estação de arrefecimento Qtr,v

Transferência de calor por renovação do ar na estação de arrefecimento Qve,v

Necessidades Nominais Anuais de Energia Útil na Estação de Arrefecimento Nvc

Energia primária para aquecimento

Energia primária para arrefecimento

Energia primária para a preparação de AQS

Energia primária necessária para o sistema de ventilação mecânica

Energia primária proveniente de sistemas com recurso a energia renovável

Necessidades nominais anuais globais de energia primária Ntc

## A1.6. Fração – 4º andar - SINES (Reabilitação da cobertura)

## Síntese

	Ap (m <sup>2</sup> )	62.85		
	Pd (m)	2.70		
	Aenv (m <sup>2</sup> )	7.02		
Classe de Inércia Térmica do Edifício		Forte		
		<b>Cálculo</b>	<b>Referência</b>	
	Aenv/Ap	11%	11%	
A - Transmissão	Hext (W/°C)	133.5	90.2	perdas de calor através da envolvente exterior
	Hint (W/°C)	0.0	0.0	perdas de calor através de elementos em contacto com o solo
	Hecs (W/°C)	0	0	
	Htr (W/°C)	133.5	90.2	
B - Ventilação	Rph,i (h-1)	0.40	0.40	
	Hve,i (W/°C)	23.1	23.1	Perdas associadas à renovação de ar
	Rph,v (h-1)	0.60	-	
	Hve,v (W/°C)	34.6	-	
C - Ganhos Aquecimento	Qint,i (kWh/ano)	945	945	Ganhos Internos no inverno
	Qsol,i (kWh/ano)	1159	343	
	Qg,i (kWh/ano)	2104	1288	
	Qint,v (kWh/ano)	736	-	
D - Ganhos Arrefecimento	Qsol,v (kWh/ano)	1357	-	
	Qg,v (kWh/ano)	2094	3493	
E - Energia nominal para Aquecimento	Qtr,i (kWh/ano)	3352	2264	Transferência de calor por transmissão na estação de aquecimento Qtr,i
	Qve,i (kWh/ano)	579	579	Transferência de calor por renovação do ar na estação de aquecimento Qve,i
	ηi	0.96	0.60	
	Qgu,i (kWh/ano)	2031	773	Ganhos totais úteis na estação de aquecimento Qgu,i
F - Energia para Arrefecimento	Nic (kWh/m <sup>2</sup> .ano)	30.25	33	Necessidades Nominais Anuais de Energia Útil para Aquecimento Nic
	Qtr,v (kWh/ano)	1095	-	Transferência de calor por transmissão na estação de arrefecimento Qtr,v
	Qve,v (kWh/ano)	284	-	Transferência de calor por renovação do ar na estação de arrefecimento Qve,v
	ηv	0.61	0.75	
G - Energia Global	Qg,v (kWh/ano)	2094	3493	
	Nvc (kWh/m <sup>2</sup> .ano)	12.84	14	Necessidades Nominais Anuais de Energia Útil na Estação de Arrefecimento Nvc
	Aquecimento (kWhEP/m <sup>2</sup> .ano)	75.62	82.36	Energia primária para aquecimento
	Arrefecimento (kWhEP/m <sup>2</sup> .ano)	11.46	12.58	Energia primária para arrefecimento
G - Energia Global	feh	1.00	1.00	
	Qa/Ap (kWh/m <sup>2</sup> .ano)	28.37	28.37	
	AQS (kWhEP/m <sup>2</sup> .ano)	36.65	32.99	Energia primária para a preparação de AQS
	Vent. Mecânica (kWhEP/m <sup>2</sup> .ano)	0.00	0	Energia primária necessária para o sistema de ventilação mecânica
G - Energia Global	Eren (kWh/ano)	0	0	
	Renovável (kWhEP/m <sup>2</sup> .ano)	0.00	0	Energia primária proveniente de sistemas com recurso a energia renovável
	Global (kWhEP/m <sup>2</sup> .ano)	123.73	127.93	Necessidades nominais anuais globais de energia primária Ntc
CLASSE ENERGÉTICA		Ntc/Nt	0.97	B-

## A1.7. Fração – 4º andar - SINES (Reabilitação da cobertura + vãos envidraçados)

<b>Síntese</b>			
	Ap (m²)	62.85	
	Pd (m)	2.70	
	Aenv (m²)	7.02	
Classe de Inércia Térmica do Edifício		Forte	
		<b>Cálculo</b>	<b>Referência</b>
	Aenv/Ap	11%	11%
A - Transmissão	Hext (W/°C)	118.8	90.2
	Hint (W/°C)	0.0	0.0
	Hecs (W/°C)	0	0
	Htr (W/°C)	118.8	90.2
B - Ventilação	Rph,i (h-1)	0.40	0.40
	Hve,i (W/°C)	23.1	23.1
	Rph,v (h-1)	0.60	-
	Hve,v (W/°C)	34.6	-
C - Ganhos Aquecimento	Qint,i (kWh/ano)	945	945
	Qsol,i (kWh/ano)	1030	343
	Qg,i (kWh/ano)	1976	1288
D - Ganhos Arrefecimento	Qint,v (kWh/ano)	736	-
	Qsol,v (kWh/ano)	1275	-
	Qg,v (kWh/ano)	2011	3493
E - Energia nominal para Aquecimento	Qtr,i (kWh/ano)	2982	2264
	Qve,i (kWh/ano)	579	579
	$\eta_i$	0.96	0.60
	Qgu,i (kWh/ano)	1898	773
F - Energia para Arrefecimento	Nic (kWh/m².ano)	26.47	33
	Qtr,v (kWh/ano)	974	-
	Qve,v (kWh/ano)	284	-
	$\eta_v$	0.59	0.75
G - Energia Global	Qg,v (kWh/ano)	2011	3493
	Nvc (kWh/m².ano)	13.14	14
	Aquecimento (kWhEP/m².ano)	66.17	82.36
	Arrefecimento (kWhEP/m².ano)	11.73	12.58
	feh	1.00	1.00
	Qa/Ap (kWh/m².ano)	28.37	28.37
	AQS (kWhEP/m².ano)	36.65	32.99
	Vent. Mecânica (kWhEP/m².ano)	0.00	0
	Eren (kWh/ano)	0	0
	Renovável (kWhEP/m².ano)	0.00	0
Global (kWhEP/m².ano)		114.55	127.93
CLASSE ENERGÉTICA		Ntc/Nt	0.90
			B-

perdas de calor através da envolvente interior  
perdas de calor através de elementos em contacto com o solo

Perdas associadas à renovação de ar

Ganhos Internos no inverno

Transferência de calor por transmissão na estação de aquecimento Qtr,i  
Transferência de calor por renovação do ar na estação de aquecimento Qve,i

Ganhos totais úteis na estação de aquecimento Qgu,i

Necessidades Nominais Anuais de Energia Útil para Aquecimento Nic

Transferência de calor por transmissão na estação de arrefecimento Qtr,v

Transferência de calor por renovação do ar na estação de arrefecimento Qve,v

Necessidades Nominais Anuais de Energia Útil na Estação de Arrefecimento Nvc

Energia primária para aquecimento

Energia primária para arrefecimento

Energia primária para a preparação de AQS

Energia primária necessária para o sistema de ventilação mecânica

Energia primária proveniente de sistemas com recurso a energia renovável

Necessidades nominais anuais globais de energia primária Ntc



**A1.8. Fração - 4º andar - SINES (Reabilitação da cobertura + vãos envidraçados + ventilação)****Síntese**

	Ap (m²)	62.85	
	Pd (m)	2.70	
	Aenv (m²)	7.02	
Classe de Inércia Térmica do Edifício		Forte	
		Cálculo	Referência
	Aenv/Ap	11%	11%
A - Transmissão	Hext (W/°C)	118.8	90.2
	Hint (W/°C)	0.0	0.0
	Hecs (W/°C)	0	0
	Htr (W/°C)	118.8	90.2
B - Ventilação	Rph,i (h-1)	0.56	0.56
	Hve,i (W/°C)	32.3	32.3
	Rph,v (h-1)	0.60	-
	Hve,v (W/°C)	34.6	-
C - Ganhos Aquecimento	Qint,i (kWh/ano)	945	945
	Qsol,i (kWh/ano)	1030	343
	Qg,i (kWh/ano)	1976	1288
D - Ganhos Arrefecimento	Qint,v (kWh/ano)	736	-
	Qsol,v (kWh/ano)	1275	-
	Qg,v (kWh/ano)	2011	3493
E - Energia nominal para Aquecimento	Qtr,i (kWh/ano)	2982	2264
	Qve,i (kWh/ano)	811	811
	$\eta_i$	0.97	0.60
	Qgu,i (kWh/ano)	1912	773
	Nic (kWh/m².ano)	29.93	37
F - Energia para Arrefecimento	Qtr,v (kWh/ano)	974	-
	Qve,v (kWh/ano)	284	-
	$\eta_v$	0.59	0.75
	Qg,v (kWh/ano)	2011	3493
	Nvc (kWh/m².ano)	13.14	14
G - Energia Global	Aquecimento (kWhEP/m².ano)	74.81	91.58
	Arrefecimento (kWhEP/m².ano)	11.73	12.58
	feh	1.00	1.00
	Qa/Ap (kWh/m².ano)	28.37	28.37
	AQS (kWhEP/m².ano)	36.65	32.99
	Vent. Mecânica (kWhEP/m².ano)	0.00	0
	Eren (kWh/ano)	0	0
	Renovável (kWhEP/m².ano)	0.00	0
	Global (kWhEP/m².ano)	123.20	137.14
CLASSE ENERGÉTICA	Ntc/Nt	0.90	B-

perdas de calor através da envolvente interior  
perdas de calor através de elementos em contacto com o solo

Perdas associadas à renovação de ar

Ganhos Internos no inverno

Transferência de calor por transmissão na estação de aquecimento Qtr,i  
Transferência de calor por renovação do ar na estação de aquecimento Qve,i

Ganhos totais úteis na estação de aquecimento Qgu,i  
Necessidades Nominais Anuais de Energia Útil para Aquecimento Nic

Transferência de calor por transmissão na estação de arrefecimento Qtr,v  
Transferência de calor por renovação do ar na estação de arrefecimento Qve,v

Necessidades Nominais Anuais de Energia Útil na Estação de Arrefecimento Nvc

Energia primária para aquecimento

Energia primária para arrefecimento

Energia primária para a preparação de AQS

Energia primária necessária para o sistema de ventilação mecânica

Energia primária proveniente de sistemas com recurso a energia renovável

Necessidades nominais anuais globais de energia primária Ntc

**A1.9. Fração – 4º andar - SINES (Reabilitação da cobertura + vãos envidraçados + ventilação + AQS)****Síntese**

	Ap (m²)	62.85	
	Pd (m)	2.70	
	Aenv (m²)	7.02	
Classe de Inércia Térmica do Edifício	Forte		
		Cálculo	Referência
	Aenv/Ap	11%	11%
A - Transmissão	Hext (W/°C)	118.8	90.2
	Hint (W/°C)	0.0	0.0
	Hecs (W/°C)	0	0
	Htr (W/°C)	118.8	90.2
B - Ventilação	Rph,i (h-1)	0.56	0.56
	Hve,i (W/°C)	32.3	32.3
	Rph,v (h-1)	0.60	-
	Hve,v (W/°C)	34.6	-
C - Ganhos Aquecimento	Qint,i (kWh/ano)	945	945
	Qsol,i (kWh/ano)	1030	343
	Qg,i (kWh/ano)	1976	1288
D - Ganhos Arrefecimento	Qint,v (kWh/ano)	736	-
	Qsol,v (kWh/ano)	1275	-
	Qg,v (kWh/ano)	2011	3493
E - Energia nominal para Aquecimento	Qtr,i (kWh/ano)	2982	2264
	Qve,i (kWh/ano)	811	811
	ηi	0.97	0.60
	Qgu,i (kWh/ano)	1912	773
	Nic (kWh/m².ano)	29.93	37
F - Energia para Arrefecimento	Qtr,v (kWh/ano)	974	-
	Qve,v (kWh/ano)	284	-
	ηv	0.59	0.75
	Qg,v (kWh/ano)	2011	3493
	Nvc (kWh/m².ano)	13.14	14
G - Energia Global	Aquecimento (kWhEP/m².ano)	74.81	91.58
	Arrefecimento (kWhEP/m².ano)	11.73	12.58
	feh	1.00	1.00
	Qa/Ap (kWh/m².ano)	28.37	28.37
	AQS (kWhEP/m².ano)	31.85	32.99
	Vent. Mecânica (kWhEP/m².ano)	0.00	0
	Eren (kWh/ano)	1033	0
	Renovável (kWhEP/m².ano)	16.43	0
	Global (kWhEP/m².ano)	101.96	137.14
CLASSE ENERGÉTICA	Ntc/Nt	0.74	<b>B</b>

perdas de calor através da envolvente interior  
perdas de calor através de elementos em contacto com o solo

Perdas associadas à renovação de ar

Ganhos Internos no inverno

Transferência de calor por transmissão na estação de aquecimento Qtr,i  
Transferência de calor por renovação do ar na estação de aquecimento Qve,i

Ganhos totais úteis na estação de aquecimento Qgu,i

Necessidades Nominais Anuais de Energia Útil para Aquecimento Nic

Transferência de calor por transmissão na estação de arrefecimento Qtr,v

Transferência de calor por renovação do ar na estação de arrefecimento Qve,v

Necessidades Nominais Anuais de Energia Útil na Estação de Arrefecimento Nvc

Energia primária para aquecimento

Energia primária para arrefecimento

Energia primária para a preparação de AQS

Energia primária necessária para o sistema de ventilação mecânica

Energia primária proveniente de sistemas com recurso a energia renovável

Necessidades nominais anuais globais de energia primária Ntc



## A1.10. Fração – 2º andar - PORTO (Sem reabilitação – atual estado da fração)

## Síntese

	Ap (m <sup>2</sup> )	53.89	
	Pd (m)	2.60	
	Aenv (m <sup>2</sup> )	7.65	
Classe de Inércia Térmica do Edifício	Forte		
	Cálculo	Referência	
	Aenv/Ap	14%	14%
A - Transmissão	Hext (W/°C)	49.8	45.3
	Hint (W/°C)	15.9	18.8
	Hecs (W/°C)	0	0
	Htr (W/°C)	58.4	52.2
B - Ventilação	Rph,i (h-1)	1.26	0.60
	Hve,i (W/°C)	60.0	28.6
	Rph,v (h-1)	1.26	-
	Hve,v (W/°C)	60.0	-
C - Ganhos Aquecimento	Qint,i (kWh/ano)	963	963
	Qsol,i (kWh/ano)	1163	255
	Qg,i (kWh/ano)	2125	1218
D - Ganhos Arrefecimento	Qint,v (kWh/ano)	631	-
	Qsol,v (kWh/ano)	455	-
	Qg,v (kWh/ano)	1086	2902
E - Energia nominal para Aquecimento	Qtr,i (kWh/ano)	1974	1924
	Qve,i (kWh/ano)	1803	859
	ηi	0.96	0.60
	Qgu,i (kWh/ano)	2038	731
	Nic (kWh/m <sup>2</sup> .ano)	32.27	38
F - Energia para Arrefecimento	Qtr,v (kWh/ano)	701	-
	Qve,v (kWh/ano)	721	-
	ηv	0.90	0.83
	Qg,v (kWh/ano)	1086	2902
	Nvc (kWh/m <sup>2</sup> .ano)	2.04	9
	Aquecimento (kWhEP/m <sup>2</sup> .ano)	80.68	95.21
	Arrefecimento (kWhEP/m <sup>2</sup> .ano)	0.00	8.15
G - Energia Global	feh	1.00	1.00
	Qa/Ap (kWh/m <sup>2</sup> .ano)	22.06	22.06
	AQS (kWhEP/m <sup>2</sup> .ano)	28.50	25.65
	Vent. Mecânica (kWhEP/m <sup>2</sup> .ano)	2.49	0
	Eren (kWh/ano)	0	0
	Renovável (kWhEP/m <sup>2</sup> .ano)	0.00	0
	Global (kWhEP/m <sup>2</sup> .ano)	111.66	129.01
CLASSE ENERGÉTICA	Ntc/Nt	0.87	B-

perdas de calor através da envolvente interior  
perdas de calor através de elementos em contacto com o solo

Perdas associadas à renovação de ar

Ganhos Internos no inverno

Transferência de calor por transmissão na estação de aquecimento Qtr,i  
Transferência de calor por renovação do ar na estação de aquecimento Qve,i

Ganhos totais úteis na estação de aquecimento Qgu,i

Necessidades Nominais Anuais de Energia Útil para Aquecimento Nic

Transferência de calor por transmissão na estação de arrefecimento Qtr,v

Transferência de calor por renovação do ar na estação de arrefecimento Qve,v

Necessidades Nominais Anuais de Energia Útil na Estação de Arrefecimento Nvc

Energia primária para aquecimento

Energia primária para arrefecimento

Energia primária para a preparação de AQS

Energia primária necessária para o sistema de ventilação mecânica

Energia primária proveniente de sistemas com recurso a energia renovável

Necessidades nominais anuais globais de energia primária Ntc

## A1.11. Fração – 5º andar - PORTO (Sem reabilitação – atual estado da fração)

## Síntese

	Ap (m²)	53.89			
	Pd (m)	2.70			
	Aenv (m²)	7.65			
Classe de Inércia Térmica do Edifício		Forte			
		Cálculo	Referência		
	Aenv/Ap	14%	14%		
A - Transmissão	Hext (W/°C)	148.9	75.0	perdas de calor através da envolvente interior perdas de calor através de elementos em contacto com o solo	
	Hint (W/°C)	15.9	18.7		
	Hecs (W/°C)	0	0		
	Htr (W/°C)	157.5	81.9		
B - Ventilação	Rph,i (h-1)	1.26	0.60	Perdas associadas à renovação de ar	
	Hve,i (W/°C)	62.3	29.7		
	Rph,v (h-1)	1.26	-		
	Hve,v (W/°C)	62.3	-		
C - Ganhos Aquecimento	Qint,i (kWh/ano)	963	963	Ganhos Internos no inverno	
	Qsol,i (kWh/ano)	1163	255		
	Qg,i (kWh/ano)	2125	1218		
D - Ganhos Arrefecimento	Qint,v (kWh/ano)	631	-		
	Qsol,v (kWh/ano)	1516	-		
	Qg,v (kWh/ano)	2147	2902		
E - Energia nominal para Aquecimento	Qtr,i (kWh/ano)	4950	2816	Transferência de calor por transmissão na estação de aquecimento Qtr,i Transferência de calor por renovação do ar na estação de aquecimento Qve,i	
	Qve,i (kWh/ano)	1872	892		
	ηi	0.99	0.60	Ganhos totais úteis na estação de aquecimento Qgu,i	
	Qgu,i (kWh/ano)	2114	731		
F - Energia para Arrefecimento	Nic (kWh/m².ano)	87.37	55	Necessidades Nominais Anuais de Energia Útil para Aquecimento Nic  Transferência de calor por transmissão na estação de arrefecimento Qtr,v Transferência de calor por renovação do ar na estação de arrefecimento Qve,v	
	Qtr,v (kWh/ano)	1890	-		
	Qve,v (kWh/ano)	748	-		
	ηv	0.88	0.83		
	Qg,v (kWh/ano)	2147	2902	Necessidades Nominais Anuais de Energia Útil na Estação de Arrefecimento Nvc	
	Nvc (kWh/m².ano)	4.75	9		
	Aquecimento (kWhEP/m².ano)	218.42	138.12		Energia primária para aquecimento
	Arrefecimento (kWhEP/m².ano)	0.00	8.15		Energia primária para arrefecimento
G - Energia Global	feh	1.00	1.00	Energia primária para a preparação de AQS  Energia primária necessária para o sistema de ventilação mecânica  Energia primária proveniente de sistemas com recurso a energia renovável  Necessidades nominais anuais globais de energia primária Ntc	
	Qa/Ap (kWh/m².ano)	22.06	22.06		
	AQS (kWhEP/m².ano)	28.50	25.65		
	Vent. Mecânica (kWhEP/m².ano)	2.49	0		
	Eren (kWh/ano)	0	0		
	Renovável (kWhEP/m².ano)	0.00	0		
	Global (kWhEP/m².ano)	249.41	171.92		
ASSE ENERGÉTICA	Ntc/Nt	1.45	C		

## A1.12. Fração – 2º andar - PORTO (Melhoramento do sistema de ventilação)

## Síntese

	Ap (m <sup>2</sup> )	53.89		
	Pd (m)	2.60		
	Aenv (m <sup>2</sup> )	7.65		
Classe de Inércia Térmica do Edifício	Forte			
	Cálculo	Referência		
	Aenv/Ap	14%	14%	
A - Transmissão	Hext (W/°C)	49.8	45.3	perdas de calor através da envolvente interior
	Hint (W/°C)	15.9	18.8	perdas de calor através de elementos em contacto com o solo
	Hecs (W/°C)	0	0	
	Htr (W/°C)	58.4	52.2	
B - Ventilação	Rph,i (h-1)	0.64	0.60	Perdas associadas à renovação de ar
	Hve,i (W/°C)	30.5	28.6	
	Rph,v (h-1)	0.64	-	
	Hve,v (W/°C)	30.5	-	
C - Ganhos Aquecimento	Qint,i (kWh/ano)	963	963	Ganhos Internos no inverno
	Qsol,i (kWh/ano)	1163	255	
	Qg,i (kWh/ano)	2125	1218	
D - Ganhos Arrefecimento	Qint,v (kWh/ano)	631	-	
	Qsol,v (kWh/ano)	455	-	
	Qg,v (kWh/ano)	1086	2902	
E - Energia nominal para Aquecimento	Qtr,i (kWh/ano)	1974	1924	Transferência de calor por transmissão na estação de aquecimento Qtr,i
	Qve,i (kWh/ano)	916	859	Transferência de calor por renovação do ar na estação de aquecimento Qve,i
	ηi	0.91	0.60	
	Qgu,i (kWh/ano)	1931	731	Ganhos totais úteis na estação de aquecimento Qgu,i
F - Energia para Arrefecimento	Nic (kWh/m <sup>2</sup> .ano)	17.78	38	Necessidades Nominais Anuais de Energia Útil para Aquecimento Nic
	Qtr,v (kWh/ano)	701	-	Transferência de calor por transmissão na estação de arrefecimento Qtr,v
	Qve,v (kWh/ano)	366	-	Transferência de calor por renovação do ar na estação de arrefecimento Qve,v
	ηv	0.80	0.83	
	Qg,v (kWh/ano)	1086	2902	
	Nvc (kWh/m <sup>2</sup> .ano)	4.02	9	Necessidades Nominais Anuais de Energia Útil na Estação de Arrefecimento Nvc
G - Energia Global	Aquecimento (kWhEP/m <sup>2</sup> .ano)	44.46	95.21	Energia primária para aquecimento
	Arrefecimento (kWhEP/m <sup>2</sup> .ano)	3.59	8.15	Energia primária para arrefecimento
	feh	1.00	1.00	
	Qa/Ap (kWh/m <sup>2</sup> .ano)	22.06	22.06	
	AQS (kWhEP/m <sup>2</sup> .ano)	28.50	25.65	Energia primária para a preparação de AQS
	Vent. Mecânica (kWhEP/m <sup>2</sup> .ano)	11.70	0	Energia primária necessária para o sistema de ventilação mecânica
	Eren (kWh/ano)	0	0	
	Renovável (kWhEP/m <sup>2</sup> .ano)	0.00	0	Energia primária proveniente de sistemas com recurso a energia renovável
	Global (kWhEP/m <sup>2</sup> .ano)	88.25	129.01	Necessidades nominais anuais globais de energia primária Ntc
CLASSE ENERGÉTICA	Ntc/Nt	0.68	B	

### A1.13. Fração – 2º andar - PORTO (Melhoramento do sistema de ventilação + introdução do sistema térmico para preparação de AQS)

#### Síntese

	Ap (m <sup>2</sup> )	53.89	
	Pd (m)	2.60	
	Aenv (m <sup>2</sup> )	7.65	
Classe de Inércia Térmica do Edifício		Forte	
		<b>Cálculo</b>	<b>Referência</b>
	Aenv/Ap	14%	14%
A - Transmissão	Hext (W/°C)	49.8	45.3
	Hint (W/°C)	15.9	18.8
	Hecs (W/°C)	0	0
	Htr (W/°C)	58.4	52.2
B - Ventilação	Rph,i (h-1)	0.64	0.60
	Hve,i (W/°C)	30.5	28.6
	Rph,v (h-1)	0.64	-
	Hve,v (W/°C)	30.5	-
C - Ganhos Aquecimento	Qint,i (kWh/ano)	963	963
	Qsol,i (kWh/ano)	1163	255
	Qg,i (kWh/ano)	2125	1218
D - Ganhos Arrefecimento	Qint,v (kWh/ano)	631	-
	Qsol,v (kWh/ano)	455	-
	Qg,v (kWh/ano)	1086	2902
E - Energia nominal para Aquecimento	Qtr,i (kWh/ano)	1974	1924
	Qve,i (kWh/ano)	916	859
	$\eta_i$	0.91	0.60
	Qgu,i (kWh/ano)	1931	731
F - Energia para Arrefecimento	Nic (kWh/m <sup>2</sup> .ano)	17.78	38
	Qtr,v (kWh/ano)	701	-
	Qve,v (kWh/ano)	366	-
	$\eta_v$	0.80	0.83
G - Energia Global	Qg,v (kWh/ano)	1086	2902
	Nvc (kWh/m <sup>2</sup> .ano)	4.02	9
	Aquecimento (kWhEP/m <sup>2</sup> .ano)	44.46	95.21
	Arrefecimento (kWhEP/m <sup>2</sup> .ano)	3.59	8.15
G - Energia Global	feh	1.00	1.00
	Qa/Ap (kWh/m <sup>2</sup> .ano)	22.06	22.06
	AQS (kWhEP/m <sup>2</sup> .ano)	22.90	25.65
	Vent. Mecânica (kWhEP/m <sup>2</sup> .ano)	11.70	0
	Eren (kWh/ano)	1033	0
	Renovável (kWhEP/m <sup>2</sup> .ano)	19.17	0
	Global (kWhEP/m <sup>2</sup> .ano)	63.49	129.01
CLASSE ENERGÉTICA		Ntc/Nt	0.49
			<b>A</b>

perdas de calor através da envolvente interior  
perdas de calor através de elementos em contacto com o solo

Perdas associadas à renovação de ar

Ganhos Internos no inverno

Transferência de calor por transmissão na estação de aquecimento Qtr,i  
Transferência de calor por renovação do ar na estação de aquecimento Qve,i

Ganhos totais úteis na estação de aquecimento Qgu,i

Necessidades Nominais Anuais de Energia Útil para Aquecimento Nic

Transferência de calor por transmissão na estação de arrefecimento Qtr,v  
Transferência de calor por renovação do ar na estação de arrefecimento Qve,v

Necessidades Nominais Anuais de Energia Útil na Estação de Arrefecimento Nvc

Energia primária para aquecimento

Energia primária para arrefecimento

Energia primária para a preparação de AQS

Energia primária necessária para o sistema de ventilação mecânica

Energia primária proveniente de sistemas com recurso a energia renovável

Necessidades nominais anuais globais de energia primária Ntc

## A1.14. Fração - 5º andar - PORTO (com reabilitação da cobertura)

## Síntese

	Ap (m <sup>2</sup> )	53.89		
	Pd (m)	2.70		
	Aenv (m <sup>2</sup> )	7.65		
Classe de Inércia Térmica do Edifício		Forte		
		<b>Cálculo</b>	<b>Referência</b>	
	Aenv/Ap	14%	14%	
A - Transmissão	Hext (W/°C)	100.4	75.0	perdas de calor através da envolvente interior
	Hint (W/°C)	15.9	18.7	perdas de calor através de elementos em contacto com o solo
	Hecs (W/°C)	0	0	
	Htr (W/°C)	108.9	81.9	
B - Ventilação	Rph,i (h-1)	1.26	0.60	
	Hve,i (W/°C)	62.3	29.7	Perdas associadas à renovação de ar
	Rph,v (h-1)	1.26	-	
	Hve,v (W/°C)	62.3	-	
C - Ganhos Aquecimento	Qint,i (kWh/ano)	963	963	Ganhos Internos no inverno
	Qsol,i (kWh/ano)	1163	255	
	Qg,i (kWh/ano)	2125	1218	
D - Ganhos Arrefecimento	Qint,v (kWh/ano)	631	-	
	Qsol,v (kWh/ano)	862	-	
	Qg,v (kWh/ano)	1494	2902	
E - Energia nominal para Aquecimento	Qtr,i (kWh/ano)	3493	2816	Transferência de calor por transmissão na estação de aquecimento Qtr,i
	Qve,i (kWh/ano)	1872	892	Transferência de calor por renovação do ar na estação de aquecimento Qve,i
	$\eta_i$	0.99	0.60	
	Qgu,i (kWh/ano)	2099	731	Ganhos totais úteis na estação de aquecimento Qgu,i
F - Energia para Arrefecimento	Nic (kWh/m <sup>2</sup> .ano)	60.61	55	Necessidades Nominais Anuais de Energia Útil para Aquecimento Nic
	Qtr,v (kWh/ano)	1308	-	Transferência de calor por transmissão na estação de arrefecimento Qtr,v
	Qve,v (kWh/ano)	748	-	Transferência de calor por renovação do ar na estação de arrefecimento Qve,v
	$\eta_v$	0.91	0.83	
G - Energia Global	Qg,v (kWh/ano)	1494	2902	
	Nvc (kWh/m <sup>2</sup> .ano)	2.44	9	Necessidades Nominais Anuais de Energia Útil na Estação de Arrefecimento Nvc
	Aquecimento (kWhEP/m <sup>2</sup> .ano)	151.53	138.12	Energia primária para aquecimento
	Arrefecimento (kWhEP/m <sup>2</sup> .ano)	0.00	8.15	Energia primária para arrefecimento
G - Energia Global	feh	1.00	1.00	
	Qa/Ap (kWh/m <sup>2</sup> .ano)	22.06	22.06	
	AQS (kWhEP/m <sup>2</sup> .ano)	28.50	25.65	Energia primária para a preparação de AQS
	Vent. Mecânica (kWhEP/m <sup>2</sup> .ano)	2.49	0	Energia primária necessária para o sistema de ventilação mecânica
	Eren (kWh/ano)	0	0	
	Renovável (kWhEP/m <sup>2</sup> .ano)	0.00	0	Energia primária proveniente de sistemas com recurso a energia renovável
	Global (kWhEP/m <sup>2</sup> .ano)	182.52	171.92	Necessidades nominais anuais globais de energia primária Ntc
CLASSE ENERGÉTICA	Ntc/Nt	1.06	C	

**A1.15. Fração - 5º andar - PORTO (com reabilitação da cobertura + ventilação)****Síntese**

	Ap (m²)	53.89	
	Pd (m)	2.70	
	Aenv (m²)	7.65	
Classe de Inércia Térmica do Edifício		Forte	
		<b>Cálculo</b>	<b>Referência</b>
	Aenv/Ap	14%	14%
A - Transmissão	Hext (W/°C)	100.4	75.0
	Hint (W/°C)	15.9	18.7
	Hecs (W/°C)	0	0
	Htr (W/°C)	108.9	81.9
B - Ventilação	Rph,i (h-1)	0.64	0.60
	Hve,i (W/°C)	31.7	29.7
	Rph,v (h-1)	0.64	-
	Hve,v (W/°C)	31.7	-
C - Ganhos Aquecimento	Qint,i (kWh/ano)	963	963
	Qsol,i (kWh/ano)	1163	255
	Qg,i (kWh/ano)	2125	1218
D - Ganhos Arrefecimento	Qint,v (kWh/ano)	631	-
	Qsol,v (kWh/ano)	862	-
	Qg,v (kWh/ano)	1494	2902
E - Energia nominal para Aquecimento	Qtr,i (kWh/ano)	3493	2816
	Qve,i (kWh/ano)	951	892
	ηi	0.98	0.60
	Qgu,i (kWh/ano)	2074	731
	Nic (kWh/m².ano)	43.98	55
F - Energia para Arrefecimento	Qtr,v (kWh/ano)	1308	-
	Qve,v (kWh/ano)	380	-
	ηv	0.85	0.83
	Qg,v (kWh/ano)	1494	2902
	Nvc (kWh/m².ano)	4.06	9
G - Energia Global	Aquecimento (kWhEP/m².ano)	109.94	138.12
	Arrefecimento (kWhEP/m².ano)	0.00	8.15
	feh	1.00	1.00
	Qa/Ap (kWh/m².ano)	22.06	22.06
	AQS (kWhEP/m².ano)	28.50	25.65
	Vent. Mecânica (kWhEP/m².ano)	2.49	0
	Eren (kWh/ano)	0	0
	Renovável (kWhEP/m².ano)	0.00	0
	Global (kWhEP/m².ano)	140.92	171.92
			Necessidades nominais anuais globais de energia primária Ntc
CLASSE ENERGÉTICA		Ntc/Nt	0.82
			<b>B-</b>

perdas de calor através da envolvente interior  
perdas de calor através de elementos em contacto com o solo

Perdas associadas à renovação de ar

Ganhos Internos no inverno

Transferência de calor por transmissão na estação de aquecimento Qtr,i  
Transferência de calor por renovação do ar na estação de aquecimento Qve,i

Ganhos totais úteis na estação de aquecimento Qgu,i  
Necessidades Nominais Anuais de Energia Útil para Aquecimento Nic

Transferência de calor por transmissão na estação de arrefecimento Qtr,v  
Transferência de calor por renovação do ar na estação de arrefecimento Qve,v

Necessidades Nominais Anuais de Energia Útil na Estação de Arrefecimento Nvc  
Energia primária para aquecimento  
Energia primária para arrefecimento

Energia primária para a preparação de AQS  
Energia primária necessária para o sistema de ventilação mecânica  
Energia primária proveniente de sistemas com recurso a energia renovável



**A1.16. Fração - 5º andar - PORTO (com reabilitação da cobertura + ventilação + AQS)****Síntese**

	Ap (m²)	53.89		
	Pd (m)	2.70		
	Aenv (m²)	7.65		
Classe de Inércia Térmica do Edifício		Forte		
		Cálculo	Referência	
	Aenv/Ap	14%	14%	
A - Transmissão	Hext (W/°C)	100.4	75.0	perdas de calor através da envolvente interior
	Hint (W/°C)	15.9	18.7	
	Hecs (W/°C)	0	0	perdas de calor através de elementos em contacto com o solo
	Htr (W/°C)	108.9	81.9	
B - Ventilação	Rph,i (h-1)	0.64	0.60	Perdas associadas à renovação de ar
	Hve,i (W/°C)	31.7	29.7	
	Rph,v (h-1)	0.64	-	
	Hve,v (W/°C)	31.7	-	
C - Ganhos Aquecimento	Qint,i (kWh/ano)	963	963	Ganhos Internos no inverno
	Qsol,i (kWh/ano)	1163	255	
	Qg,i (kWh/ano)	2125	1218	
D - Ganhos Arrefecimento	Qint,v (kWh/ano)	631	-	
	Qsol,v (kWh/ano)	862	-	
	Qg,v (kWh/ano)	1494	2902	
E - Energia nominal para Aquecimento	Qtr,i (kWh/ano)	3493	2816	Transferência de calor por transmissão na estação de aquecimento Qtr,i
	Qve,i (kWh/ano)	951	892	Transferência de calor por renovação do ar na estação de aquecimento Qve,i
	ηi	0.98	0.60	
	Qgu,i (kWh/ano)	2074	731	Ganhos totais úteis na estação de aquecimento Qgu,i
	Nic (kWh/m².ano)	43.98	55	Necessidades Nominais Anuais de Energia Útil para Aquecimento Nic
F - Energia para Arrefecimento	Qtr,v (kWh/ano)	1308	-	Transferência de calor por transmissão na estação de arrefecimento Qtr,v
	Qve,v (kWh/ano)	380	-	Transferência de calor por renovação do ar na estação de arrefecimento Qve,v
	ηv	0.85	0.83	
	Qg,v (kWh/ano)	1494	2902	
	Nvc (kWh/m².ano)	4.06	9	Necessidades Nominais Anuais de Energia Útil na Estação de Arrefecimento Nvc
G - Energia Global	Aquecimento (kWhEP/m².ano)	109.94	138.12	Energia primária para aquecimento
	Arrefecimento (kWhEP/m².ano)	0.00	8.15	Energia primária para arrefecimento
	feh	1.00	1.00	
	Qa/Ap (kWh/m².ano)	22.06	22.06	
	AQS (kWhEP/m².ano)	22.90	25.65	Energia primária para a preparação de AQS
	Vent. Mecânica (kWhEP/m².ano)	2.49	0	Energia primária necessária para o sistema de ventilação mecânica
	Eren (kWh/ano)	1033	0	
	Renovável (kWhEP/m².ano)	19.17	0	Energia primária proveniente de sistemas com recurso a energia renovável
	Global (kWhEP/m².ano)	116.16	171.92	Necessidades nominais anuais globais de energia primária Ntc
	CLASSE ENERGÉTICA		Ntc/Nt	0.68

## A1.17. Moradia PORTO (Séc. XIX) (Atual)

**Síntese**

	Ap (m <sup>2</sup> )	350.67	
	Pd (m)	2.70	
	Aenv (m <sup>2</sup> )	14.32	
Classe de Inércia Térmica do Edifício	Média		
		<b>Cálculo</b>	<b>Referência</b>
	Aenv/Ap	4%	4%
A - Transmissão	Hext (W/C)	898.4	197.5
	Hint (W/C)	261.1	107.9
	Hees (W/C)	22	14
	Htr (W/C)	920.1	211.4
B - Ventilação	Rph,i (h-1)	0.40	0.40
	Hve,i (W/C)	128.8	128.8
	Rph,v (h-1)	0.60	-
	Hve,v (W/C)	193.1	-
C - Ganhos Aquecimento	Qint,i (kWh/ano)	6264	6264
	Qsol,i (kWh/ano)	1457	1653
	Qg,i (kWh/ano)	7721	7923
D - Ganhos Arrefecimento	Qint,v (kWh/ano)	4107	-
	Qsol,v (kWh/ano)	6519	-
	Qg,v (kWh/ano)	10626	18884
E - Energia nominal para Aquecimento	Qtr,i (kWh/ano)	35482	9592
	Qve,i (kWh/ano)	3868	3868
	$\eta_i$	0.99	0.60
	Qgu,i (kWh/ano)	7630	4754
	Nic (kWh/m <sup>2</sup> .ano)	90.45	25
F - Energia para Arrefecimento	Qtr,v (kWh/ano)	11046	-
	Qve,v (kWh/ano)	2319	-
	$\eta_v$	0.80	0.83
	Qg,v (kWh/ano)	10626	18884
	Nvc (kWh/m <sup>2</sup> .ano)	6.09	9
G - Energia Global	Aquecimento (kWhEP/m <sup>2</sup> .ano)	226.14	62.07
	Arrefecimento (kWhEP/m <sup>2</sup> .ano)	5.44	8.15
	feh	1.00	1.00
	Qal/Ap (kWh/m <sup>2</sup> .ano)	11.86	11.86
	AQS (kWhEP/m <sup>2</sup> .ano)	45.77	31.22
		17%	31%
	Vent. Mecânica (kWhEP/m <sup>2</sup> .ano)	0.00	0
	Eren (kWh/ano)	0	0
	Renovável (kWhEP/m <sup>2</sup> .ano)	0.00	0
	Global (kWhEP/m <sup>2</sup> .ano)	277.34	101.44
CLASSE ENERGÉTICA	Ntc/Nt	2.73	F

perdas de calor através da envolvente interior  
perdas de calor através de elementos em contacto com o solo

Perdas associadas à renovação de ar

Ganhos Internos no inverno

Transferência de calor por transmissão na estação de aquecimento Qtr,i  
Transferência de calor por renovação do ar na estação de aquecimento Qve,i

Ganhos totais úteis na estação de aquecimento Qgu,i

Necessidades Nominais Anuais de Energia Útil para Aquecimento Nic

Transferência de calor por transmissão na estação de arrefecimento Qtr,v  
Transferência de calor por renovação do ar na estação de arrefecimento Qve,v

Necessidades Nominais Anuais de Energia Útil na Estação de Arrefecimento Nvc

Energia primária para aquecimento

Energia primária para arrefecimento

Energia primária para a preparação de AQS

Energia primária necessária para o sistema de ventilação mecânica

Energia primária proveniente de sistemas com recurso a energia renovável

Necessidades nominais anuais globais de energia primária Ntc



**A1.18. Moradia PORTO (Séc. XIX)**

(Com reabilitação das paredes exteriores)

**Síntese**

	Ap (m <sup>2</sup> )	350.67		
	Pd (m)	2.70		
	Aenv (m <sup>2</sup> )	14.32		
Classe de Inércia Térmica do Edifício		Média		
		<b>Cálculo</b>	<b>Referência</b>	
	Aenv/Ap	4%	4%	
A - Transmissão	Hext (W/C)	376.3	197.5	
	Hint (W/C)	78.0	107.9	perdas de calor através da envolvente interior
	Heos (W/C)	22	14	perdas de calor através de elementos em contacto com o solo
	Htr (W/C)	398.0	211.4	
B - Ventilação	Rph,i (h-1)	0.40	0.40	
	Hve,i (W/C)	128.8	128.8	Perdas associadas à renovação de ar
	Rph,v (h-1)	0.60	-	
	Hve,v (W/C)	193.1	-	
C - Ganhos Aquecimento	Qint,i (kWh/ano)	6264	6264	Ganhos Internos no inverno
	Qsol,i (kWh/ano)	1457	1653	
	Qg,i (kWh/ano)	7721	7923	
D - Ganhos Arrefecimento	Qint,v (kWh/ano)	4107	-	
	Qsol,v (kWh/ano)	2774	-	
	Qg,v (kWh/ano)	6881	18884	
E - Energia nominal para Aquecimento	Qtr,i (kWh/ano)	14298	9532	Transferência de calor por transmissão na estação de aquecimento Qtr,i
	Qve,i (kWh/ano)	3868	3868	Transferência de calor por renovação do ar na estação de aquecimento Qve,i
	$\eta_i$	0.93	0.60	
	Qgu,i (kWh/ano)	7218	4754	Ganhos totais úteis na estação de aquecimento Qgu,i
F - Energia para Arrefecimento	Nic (kWh/m <sup>2</sup> .ano)	31.22	25	Necessidades Nominais Anuais de Energia Útil para Aquecimento Nic
	Qtr,v (kWh/ano)	4778	-	Transferência de calor por transmissão na estação de arrefecimento Qtr,v
	Qve,v (kWh/ano)	2319	-	Transferência de calor por renovação do ar na estação de arrefecimento Qve,v
	$\eta_v$	0.73	0.83	
	Qg,v (kWh/ano)	6881	18884	
	Nvc (kWh/m <sup>2</sup> .ano)	5.23	9	Necessidades Nominais Anuais de Energia Útil na Estação de Arrefecimento Nvc
	Aquecimento (kWhEP/m <sup>2</sup> .ano)	78.05	62.07	Energia primária para aquecimento
	Arrefecimento (kWhEP/m <sup>2</sup> .ano)	4.67	8.15	Energia primária para arrefecimento
G - Energia Global	feh	1.00	1.00	
	Qa/Ap (kWh/m <sup>2</sup> .ano)	11.86	11.86	
	AQS (kWhEP/m <sup>2</sup> .ano)	45.77	31.22	Energia primária para a preparação de AQS
		36%	31%	
	Vent. Mecânica (kWhEP/m <sup>2</sup> .ano)	0.00	0	Energia primária necessária para o sistema de ventilação mecânica
	Eren (kWh/ano)	0	0	
	Renovável (kWhEP/m <sup>2</sup> .ano)	0.00	0	Energia primária proveniente de sistemas com recurso a energia renovável
	Global (kWhEP/m <sup>2</sup> .ano)	128.50	101.44	Necessidades nominais anuais globais de energia primária Ntc
<b>CLASSE ENERGÉTICA</b>		<b>Ntc/Nt</b>	<b>1.27</b>	<b>C</b>

**A1.19. Moradia PORTO (Séc. XIX)**

(Com reabilitação das paredes exteriores + reabilitação da cobertura)

**Síntese**

	Ap (m <sup>2</sup> )	350.67		
	Pd (m)	2.70		
	Aenv (m <sup>2</sup> )	14.32		
Classe de Inércia Térmica do Edifício	Média			
		<b>Cálculo</b>	<b>Referência</b>	
	Aenv/Ap	4%	4%	
A - Transmissão	Hext (W/C)	300.0	197.5	perdas de calor através da envolvente interior
	Hint (W/C)	78.0	107.9	
	Heos (W/C)	22	14	perdas de calor através de elementos em contacto com o solo
	Htr (W/C)	321.7	211.4	
B - Ventilação	Rph,i (h-1)	0.40	0.40	Perdas associadas à renovação de ar
	Hve,i (W/C)	128.8	128.8	
	Rph,v (h-1)	0.60	-	
	Hve,v (W/C)	193.1	-	
C - Ganhos Aquecimento	Qint,i (kWh/ano)	6264	6264	Ganhos Internos no inverno
	Qsol,i (kWh/ano)	1457	1659	
	Qg,i (kWh/ano)	7721	7923	
D - Ganhos Arrefecimento	Qint,v (kWh/ano)	4107	-	
	Qsol,v (kWh/ano)	2717	-	
	Qg,v (kWh/ano)	6824	18884	
E - Energia nominal para Aquecimento	Qtr,i (kWh/ano)	12006	9532	Transferência de calor por transmissão na estação de aquecimento Qtr,i
	Qve,i (kWh/ano)	3868	3868	Transferência de calor por renovação do ar na estação de aquecimento Qve,i
	$\eta_i$	0.91	0.60	
	Qgu,i (kWh/ano)	7063	4754	Ganhos totais úteis na estação de aquecimento Qgu,i
	Nic (kWh/m <sup>2</sup> .ano)	25.13	25	Necessidades Nominais Anuais de Energia Útil para Aquecimento Nic
F - Energia para Arrefecimento	Qtr,v (kWh/ano)	3862	-	Transferência de calor por transmissão na estação de arrefecimento Qtr,v
	Qve,v (kWh/ano)	2319	-	Transferência de calor por renovação do ar na estação de arrefecimento Qve,v
	$\eta_v$	0.63	0.83	
	Qg,v (kWh/ano)	6824	18884	
	Nvc (kWh/m <sup>2</sup> .ano)	6.12	9	Necessidades Nominais Anuais de Energia Útil na Estação de Arrefecimento Nvc
G - Energia Global	Aquecimento (kWhEP/m <sup>2</sup> .ano)	62.82	62.07	Energia primária para aquecimento
	Arrefecimento (kWhEP/m <sup>2</sup> .ano)	5.46	8.15	Energia primária para arrefecimento
	feh	1.00	1.00	
	QalAp (kWh/m <sup>2</sup> .ano)	11.86	11.86	
	AQS (kWhEP/m <sup>2</sup> .ano)	45.77	31.22	Energia primária para a preparação de AQS
		40%	31%	
	Vent. Mecânica (kWhEP/m <sup>2</sup> .ano)	0.00	0	Energia primária necessária para o sistema de ventilação mecânica
	Eren (kWh/ano)	0	0	
	Renovável (kWhEP/m <sup>2</sup> .ano)	0.00	0	Energia primária proveniente de sistemas com recurso a energia renovável
	Global (kWhEP/m <sup>2</sup> .ano)	114.05	101.44	Necessidades nominais anuais globais de energia primária Ntc
<b>CLASSE ENERGÉTICA</b>	<b>Ntc/Nt</b>	<b>1.12</b>	<b>C</b>	

**A1.20. Moradia PORTO (Séc. XIX)**

(Com reabilitação das paredes exteriores + cobertura + ventilação)

**Síntese**

	Ap (m <sup>2</sup> )	350.67	
	Pd (m)	2.70	
	Aenv (m <sup>2</sup> )	14.32	
Classe de Inércia Térmica do Edifício		Média	
		<b>Cálculo</b>	<b>Referência</b>
	Aenv/Ap	4%	4%
A - Transmissão	Hext (W/K C)	300.0	197.5
	Hint (W/K C)	78.0	107.9
	Heos (W/K C)	22	14
	Htr (W/K C)	321.7	211.4
perdas de calor através da envolvente interior			
perdas de calor através de elementos em contacto com o solo			
B - Ventilação	Rph,i (h-1)	0.58	0.58
	Hve,i (W/K C)	186.7	186.7
	Rph,v (h-1)	0.60	-
	Hve,v (W/K C)	193.1	-
Perdas associadas à renovação de ar			
C - Ganhos Aquecimento	Qint,i (kWh/ano)	6264	6264
	Qsol,i (kWh/ano)	1457	1659
	Qg,i (kWh/ano)	7721	7923
Ganhos Internos no inverno			
D - Ganhos Arrefecimento	Qint,v (kWh/ano)	4107	-
	Qsol,v (kWh/ano)	2717	-
	Qg,v (kWh/ano)	6824	18884
E - Energia nominal para Aquecimento	Qtr,i (kWh/ano)	12006	9592
	Qve,i (kWh/ano)	5608	5608
	$\eta_i$	0.93	0.60
	Qgu,i (kWh/ano)	7185	4754
Transferência de calor por transmissão na estação de aquecimento Qtr,i			
Transferência de calor por renovação do ar na estação de aquecimento Qve,i			
Ganhos totais úteis na estação de aquecimento Qgu,i			
F - Energia para Arrefecimento	Nic (kWh/m <sup>2</sup> .ano)	29.74	30
	Qtr,v (kWh/ano)	3862	-
	Qve,v (kWh/ano)	2319	-
	$\eta_v$	0.63	0.83
Necessidades Nominais Anuais de Energia Útil para Aquecimento Nic			
	Qg,v (kWh/ano)	6824	18884
	Nvc (kWh/m <sup>2</sup> .ano)	6.12	9
	Aquecimento (kWhEP/m <sup>2</sup> .ano)	74.35	74.48
	Arrefecimento (kWhEP/m <sup>2</sup> .ano)	5.46	8.15
Transferência de calor por transmissão na estação de arrefecimento Qtr,v			
Transferência de calor por renovação do ar na estação de arrefecimento Qve,v			
Necessidades Nominais Anuais de Energia Útil na Estação de Arrefecimento Nvc			
G - Energia Global	feh	1.00	1.00
	Qa/Ap (kWh/m <sup>2</sup> .ano)	11.86	11.86
	AQS (kWhEP/m <sup>2</sup> .ano)	45.77	31.22
		36%	27%
Energia primária para aquecimento			
Energia primária para arrefecimento			
Energia primária para a preparação de AQS			
	Vent. Mecânica (kWhEP/m <sup>2</sup> .ano)	0.00	0
	Eren (kWh/ano)	0	0
	Renovável (kWhEP/m <sup>2</sup> .ano)	0.00	0
	Global (kWhEP/m <sup>2</sup> .ano)	125.59	113.85
Energia primária necessária para o sistema de ventilação mecânica			
Energia primária proveniente de sistemas com recurso a energia renovável			
Necessidades nominais anuais globais de energia primária Ntc			
<b>CLASSE ENERGÉTICA</b>		<b>Ntc/Nt</b>	<b>1.10</b>
			<b>C</b>

**A1.21. Moradia PORTO (Séc. XIX)**

(Com reabilitação das paredes exteriores + cobertura + ventilação + vãos envidraçados)

**Síntese**

	Ap (m²)	350.67		
	Pd (m)	2.70		
	Aenv (m²)	14.32		
Classe de Inércia Térmica do Edifício		Média		
		<b>Cálculo</b>	<b>Referência</b>	
	Aenv/Ap	4%	4%	
A - Transmissão	Hext (W/C)	279.9	197.5	perdas de calor através da envolvente interior
	Hint (W/C)	78.0	107.9	
	Hecs (W/C)	22	14	perdas de calor através de elementos em contacto com o solo
	Htr (W/C)	301.7	211.4	
B - Ventilação	Rph,i (h-1)	0.58	0.58	Perdas associadas à renovação de ar
	Hve,i (W/C)	186.7	186.7	
	Rph,v (h-1)	0.60	-	
	Hve,v (W/C)	193.1	-	
C - Ganhos Aquecimento	Qint,i (kWh/ano)	6264	6264	Ganhos Internos no inverno
	Qsol,i (kWh/ano)	1560	1659	
	Qg,i (kWh/ano)	7823	7923	
D - Ganhos Arrefecimento	Qint,v (kWh/ano)	4107	-	
	Qsol,v (kWh/ano)	2771	-	
	Qg,v (kWh/ano)	6878	18884	
E - Energia nominal para Aquecimento	Qtr,i (kWh/ano)	11404	9592	Transferência de calor por transmissão na estação de aquecimento Qtr,i
	Qve,i (kWh/ano)	5608	5608	Transferência de calor por renovação do ar na estação de aquecimento Qve,i
	ηi	0.92	0.60	
	Qgu,i (kWh/ano)	7226	4754	Ganhos totais úteis na estação de aquecimento Qgu,i
	Nic (kWh/m².ano)	27.91	30	Necessidades Nominais Anuais de Energia Útil para Aquecimento Nic
F - Energia para Arrefecimento	Qtr,v (kWh/ano)	3621	-	Transferência de calor por transmissão na estação de arrefecimento Qtr,v
	Qve,v (kWh/ano)	2319	-	Transferência de calor por renovação do ar na estação de arrefecimento Qve,v
	ηv	0.67	0.83	
	Qg,v (kWh/ano)	6878	18884	
	Nvc (kWh/m².ano)	6.52	9	Necessidades Nominais Anuais de Energia Útil na Estação de Arrefecimento Nvc
G - Energia Global	Aquecimento (kWhEP/m².ano)	69.77	74.48	Energia primária para aquecimento
	Arrefecimento (kWhEP/m².ano)	5.82	8.15	Energia primária para arrefecimento
	feh	1.00	1.00	
	Qa/Ap (kWh/m².ano)	11.86	11.86	
	AQS (kWhEP/m².ano)	45.77	31.22	Energia primária para a preparação de AQS
		38%	27%	
	Vent. Mecânica (kWhEP/m².ano)	0.00	0	Energia primária necessária para o sistema de ventilação mecânica
	Eren (kWh/ano)	0	0	
	Renovável (kWhEP/m².ano)	0.00	0	Energia primária proveniente de sistemas com recurso a energia renovável
	Global (kWhEP/m².ano)	121.36	113.85	Necessidades nominais anuais globais de energia primária Ntc
CLASSE ENERGÉTICA		Ntc/Nt	1.07	C

**A1.22. Moradia PORTO (Séc. XIX)**

(Com reabilitação das paredes exteriores + cobertura + ventilação + vãos envidraçados + pavimento em contacto com o solo)

**Síntese**

	Ap (m <sup>2</sup> )	350.67
	Pd (m)	2.70
	Aenv (m <sup>2</sup> )	14.32
Classe de Inércia Térmica do Edifício	Média	

		<b>Cálculo</b>	<b>Referência</b>	
	Aenv/Ap	4%	4%	
A - Transmissão	Hext (W/C)	279.9	197.5	perdas de calor através da envolvente interior
	Hint (W/C)	78.0	107.9	
	Hecs (W/C)	10	14	perdas de calor através de elementos em contacto com o solo
	Htr (W/C)	290.0	211.4	
B - Ventilação	Rph,i (h-1)	0.58	0.58	Perdas associadas à renovação de ar
	Hve,i (W/C)	186.7	186.7	
	Rph,v (h-1)	0.60	-	
	Hve,v (W/C)	193.1	-	
C - Ganhos Aquecimento	Qint,i (kWh/ano)	6264	6264	Ganhos Internos no inverno
	Qsol,i (kWh/ano)	1560	1659	
	Qg,i (kWh/ano)	7823	7923	
D - Ganhos Arrefecimento	Qint,v (kWh/ano)	4107	-	
	Qsol,v (kWh/ano)	2771	-	
	Qg,v (kWh/ano)	6878	18884	
E - Energia nominal para Aquecimento	Qtr,i (kWh/ano)	11055	9592	Transferência de calor por transmissão na estação de aquecimento Qtr,i
	Qve,i (kWh/ano)	5608	5608	Transferência de calor por renovação do ar na estação de aquecimento Qve,i
	$\eta_i$	0.92	0.60	
	Qgu,i (kWh/ano)	7201	4754	Ganhos totais úteis na estação de aquecimento Qgu,i
	Nic (kWh/m <sup>2</sup> .ano)	26.98	30	Necessidades Nominais Anuais de Energia Útil para Aquecimento Nic
F - Energia para Arrefecimento	Qtr,v (kWh/ano)	3482	-	Transferência de calor por transmissão na estação de arrefecimento Qtr,v
	Qve,v (kWh/ano)	2319	-	Transferência de calor por renovação do ar na estação de arrefecimento Qve,v
	$\eta_v$	0.66	0.83	
	Qg,v (kWh/ano)	6878	18884	
	Nvc (kWh/m <sup>2</sup> .ano)	6.70	9	Necessidades Nominais Anuais de Energia Útil na Estação de Arrefecimento Nvc
	Aquecimento (kWhEP/m <sup>2</sup> .ano)	67.46	74.48	Energia primária para aquecimento
	Arrefecimento (kWhEP/m <sup>2</sup> .ano)	5.98	8.15	Energia primária para arrefecimento
	$f_{eh}$	1.00	1.00	
G - Energia Global	Qa/Ap (kWh/m <sup>2</sup> .ano)	11.86	11.86	
	AQS (kWhEP/m <sup>2</sup> .ano)	45.77	31.22	Energia primária para a preparação de AQS
		38%	27%	
	Vent. Mecânica (kWhEP/m <sup>2</sup> .ano)	0.00	0	Energia primária necessária para o sistema de ventilação mecânica
	Eren (kWh/ano)	0	0	
	Renovável (kWhEP/m <sup>2</sup> .ano)	0.00	0	Energia primária proveniente de sistemas com recurso a energia renovável
	Global (kWhEP/m <sup>2</sup> .ano)	119.21	113.85	Necessidades nominais anuais globais de energia primária Ntc

**CLASSE ENERGÉTICA**      **Ntc/Nt**      **1.05**      **C**

**A1.23. Moradia PORTO (Séc. XIX)**

(Com reabilitação das paredes exteriores + cobertura + ventilação + vãos envidraçados + pavimento em contacto com o solo + AQS)

**Síntese**

		Ap (m <sup>2</sup> )	350.67	
		Pd (m)	2.70	
		Aenv (m <sup>2</sup> )	14.32	
Classe de Inércia Térmica do Edifício		Média		
		Cálculo	Referência	
		Aenv/Ap	4%	4%
A - Transmissão	Hext (W/C)	279.9	197.5	
	Hint (W/C)	78.0	107.9	perdas de calor através da envolvente interior
	Hecs (W/C)	10	14	perdas de calor através de elementos em contacto com o solo
	Htr (W/C)	290.0	211.4	
B - Ventilação	Rph,i (h-1)	0.58	0.58	
	Hve,i (W/C)	186.7	186.7	Perdas associadas à renovação de ar
	Rph,v (h-1)	0.60	-	
	Hve,v (W/C)	193.1	-	
C - Ganhos Aquecimento	Qint,i (kWh/ano)	6264	6264	Ganhos Internos no inverno
	Qsol,i (kWh/ano)	1560	1659	
	Qgi (kWh/ano)	7823	7923	
D - Ganhos Arrefecimento	Qint,v (kWh/ano)	4107	-	
	Qsol,v (kWh/ano)		-	
	Qgv (kWh/ano)	6878	18884	
E - Energia nominal para Aquecimento	Qtr,i (kWh/ano)	11055	9592	Transferência de calor por transmissão na estação de aquecimento Qtr,i
	Qve,i (kWh/ano)	5608	5608	Transferência de calor por renovação do ar na estação de aquecimento Qve,i
	ηi	0.92	0.60	
	Qgu,i (kWh/ano)	7201	4754	Ganhos totais úteis na estação de aquecimento Qgu,i
	Nic (kWh/m <sup>2</sup> .ano)	26.98	30	Necessidades Nominais Anuais de Energia Útil para Aquecimento Nic
F - Energia para Arrefecimento	Qtr,v (kWh/ano)	3482	-	Transferência de calor por transmissão na estação de arrefecimento Qtr,v
	Qve,v (kWh/ano)	2319	-	Transferência de calor por renovação do ar na estação de arrefecimento Qve,v
	ηv	0.66	0.83	
	Qgv (kWh/ano)	6878	18884	
	Nvc (kWh/m <sup>2</sup> .ano)	6.70	9	Necessidades Nominais Anuais de Energia Útil na Estação de Arrefecimento Nvc
G - Energia Global	Aquecimento (kWhEP/m <sup>2</sup> .ano)	67.46	74.48	Energia primária para aquecimento
	Arrefecimento (kWhEP/m <sup>2</sup> .ano)	5.98	8.15	Energia primária para arrefecimento
	feh	1.00	1.00	
	Qa/Ap (kWh/m <sup>2</sup> .ano)	11.86	11.86	
	AQS (kWhEP/m <sup>2</sup> .ano)	37.35	31.22	Energia primária para a preparação de AQS
		34%	27%	
	Vent. Mecânica (kWhEP/m <sup>2</sup> .ano)	0.00	0	Energia primária necessária para o sistema de ventilação mecânica
	Eren (kWh/ano)	1033	0	
	Renovável (kWhEP/m <sup>2</sup> .ano)	2.95	0	Energia primária proveniente de sistemas com recurso a energia renovável
	Global (kWhEP/m <sup>2</sup> .ano)	107.85	113.85	Necessidades nominais anuais globais de energia primária Ntc


**CLASSE ENERGÉTICA****Ntc/Nt****0.95****B-**

**A2**

**APRESENTAÇÃO DOS VALORES REFERENTES À VENTILAÇÃO  
( $R_{PH,i}$  E  $R_{PH,v}$ ) COM BASE NA FOLHA DE CÁLCULO DISPONIBILIZADA PELO LNEC**




## A2.1. Dados referentes à fração de SINES [sem reabilitação]

 <b>LABORATÓRIO NACIONAL DE ENGENHARIA CIVIL</b>		<b>Aplicação LNEC Ventilação REH e RECS</b>		Aplicação desenvolvida por: Armando Pinto apinto@lneec.pt  Ferramenta de cálculo citada no n.º3, do ponto 12.1, do despacho n.º 15793-K/2013, Pinto, A. - Aplicação LNEC para Ventilação no âmbito do REH e RECS. Lisboa, LNEC, 2014. v2.0a, 2014-02-12	
<b>1. Enquadramento do edifício</b>					
Tipo de edifício	Habituação existente	Área útil (m²): 62.9			
Local (município)	SINES	Pd (m): 2.70			
Região	8	N.º de pisos da fração: 1			
Rugosidade	1	Velocidade vento: Defeito REH			
Altitude do local (m)	100	Vento (u10REH: 3.6) (m/s)			
Número de fachadas expostas ao exterior (Nfach)	2 ou mais	Vol (m³): 170			
Existem edifícios/obstáculos à frente das fachadas?	Sim	T <sub>exterior</sub> (°C): 10.8			
Altura do edifício (H <sub>edif</sub> ) em m	13.7	Z <sub>ref</sub> (m): 88			
Altura da fração (H <sub>fra</sub> ) em m	4.6	A <sub>env/Au</sub> : 11%			
Altura do obstáculo situado em frente (H <sub>obs</sub> ) em m	11	Proteção do edifício: <b>Protegido</b>			
Distância ao obstáculo situado em frente (D <sub>obs</sub> ) em m	10	Zona da fachada: <b>Inferior</b>			
<b>2. Permeabilidade ao ar da envolvente</b>					
Foi medido valor n50	Não				
Para cada Vão (janela/porta) ou grupo de vãos:	NO	SO	NE		
Área dos vãos (m²)	0.52	3.25	3.25	0	
Classe de permeabilidade ao ar caix (janelas/portas)	2	2	2	Sem classificação	
Permeabilidade ao ar das caixas de estore	Perm. Alta	Perm. Alta	Perm. Alta	Não tem	
<b>3. Aberturas de admissão de ar na envolvente</b>					
Tem aberturas de admissão de ar na envolvente	Não				
Tipo de abertura					
Área livre das aberturas fixas (cm²) / Caudal Nominal aberturas auto-reguláveis (m³/h)					
<b>4. Condutas de ventilação natural, condutas com exaustores/ventax que não obturam o escoamento de ar pela conduta</b>					
Condutas de ventilação natural sem obstruções significativas (por exemplo, consideram-se obstruções significativas exaustores com filtros que anulam escoamento de ar natural para a conduta)	Não	Não	Não	Não	
Escoamento de ar					
Perda de carga					
Altura da conduta (m)					
Cobertura					
Número de condutas semelhantes					
<b>5. Exaustão ou insuflação por meios mecânicos de funcionamento prolongado</b>					
Existem meios mecânicos (excluindo exaustores ou ventax)	Não				
Escoamento de ar					
Caudal nominal (m³/h)					
Conhece Pressão total do ventilador e rendimento					
Pressão total (Pa)					
Rendimento total do ventilador(%)					
Tem sistema de recuperação de calor					
Rendimento da recuperação de calor (%)					
<b>6. Exaustão ou insuflação por meios híbridos de baixa pressão (&lt; 20 Pa)</b>					
Existem meios híbridos	Não				
Escoamento de ar					
Caudal nominal (m³/h)					
Conhece Pressão total do ventilador e rendimento					
Pressão total (Pa)					
Rendimento total do ventilador(%)					
<b>7. Verão - Recuperador de calor</b>					
Existe by-pass ao recuperador de calor no verão					
<b>8. Resultados</b>					
<b>8.1 - Balanço de Energia - Edifício</b>					
R <sub>gH,i</sub> (h-1) - Aquecimento	0.40	ok			
R <sub>gH,u</sub> (h-1) - Arrefecimento	0.60				
W <sub>vm</sub> (kWh)	0.0				
<b>8.2 - Balanço de Energia - Edifício de Referência</b>					
R <sub>gH,i REF</sub> (h-1)	0.40				
<b>8.3 - Caudal mínimo de ventilação</b>					
R <sub>ph</sub> estimada em condições nominais (h-1)	0.22				
Requisito mínimo de ventilação Edif. Novos (h-1)	0.40				
Critério R <sub>ph</sub> mínimo	Ponderar medidas de				
Nota: No Cálculo de R <sub>ph</sub> min em edifícios novos e grandes reabilitações não é considerado o efeito de janelas sem classificação, da classe 1 e 2 e a existência de caixas de estore.					
				Técnico: _____ Data: 17/06/2014	




## A2.2. Dados referentes à reabilitação da ventilação nas duas frações de SINES

 <b>LABORATÓRIO NACIONAL DE ENGENHARIA CIVIL</b>		<b>Aplicação LNEC Ventilação REH e RECS</b>		Aplicação desenvolvida por: Armando Pinto. apinto@lneec.pt  Ferramenta de cálculo citada no n.º3, do ponto 12.1, do despacho n.º 15793-K/2013.	
Pinto, A. - Aplicação LNEC para Ventilação no âmbito do REH e RECS. Lisboa, LNEC, 2014. v2.0a, 2014-02-12					
<b>1. Enquadramento do edifício</b>					
Tipo de edifício	Habitação existente	Área útil (m²):	62.9		
Local (município)	SINES	Pd (m):	2.70		
Região	B	N.º de pisos da fração	1		
Rugosidade	I	Velocidade vento	Defeito REH		
Altitude do local (m)	100	Vento (u10REH: 3.6) (m/s)			
Número de fachadas expostas ao exterior (Nfach)	2 ou mais	Vol (m³):	170		
Existem edifícios/obstáculos à frente das fachadas?	Sim	Texterior (°C)	10.8		
Altura do edifício (H <sub>edif</sub> ) em m	13.7	Zref (m)	88		
Altura da fração (H <sub>fra</sub> ) em m	4.6	Aenv/Au:	11%		
Altura do obstáculo situado em frente (H <sub>obs</sub> ) em m	11	Proteção do edifício:	Protegido		
Distância ao obstáculo situado em frente (D <sub>obs</sub> ) em m	10	Zona da fachada:	Inferior		
<b>2. Permeabilidade ao ar da envolvente</b>					
Foi medido valor n50	Não				
Para cada Vão (janela/porta) ou grupo de vãos:	NO	SO	NE		
Área dos vãos (m²)	0.52	3.25	3.25	0	
Classe de permeabilidade ao ar caix (janelas/portas)	2	2	2	Sem classificação	
Permeabilidade ao ar das caixas de estore	Perm. Baixa	Perm. Baixa	Perm. Baixa	Não tem	
<b>3. Aberturas de admissão de ar na envolvente</b>					
Tem aberturas de admissão de ar na envolvente	Sim				
Tipo de abertura	Fixa ou regulável manualmente	Auto-regulável a 2 Pa	Auto-regulável a 10 Pa	Auto-regulável a 20 Pa	
Área livre das aberturas fixas (cm²) / Caudal Nominal aberturas auto-reguláveis (m³/h)	0	191	0	0	
<b>4. Condutas de ventilação natural, condutas com exaustores/ventax que não obturam o escoamento de ar pela conduta</b>					
Condutas de ventilação natural sem obstruções significativas (por exemplo, consideram-se obstruções significativas exaustores com filtros que anulam escoamento de ar natural para a conduta)	Não	Não	Não	Não	
Escoamento de ar					
Perda de carga					
Altura da conduta (m)					
Cobertura					
Número de condutas semelhantes					
<b>5. Exaustão ou insuflação por meios mecânicos de funcionamento prolongado</b>					
Existem meios mecânicos (excluindo exaustores ou ventax)	Não				
Escoamento de ar					
Caudal nominal (m³/h)					
Conhece Pressão total do ventilador e rendimento					
Pressão total (Pa)					
Rendimento total do ventilador(%)					
Tem sistema de recuperação de calor					
Rendimento da recuperação de calor (%)					
<b>6. Exaustão ou insuflação por meios híbridos de baixa pressão (&lt; 20 Pa)</b>					
Existem meios híbridos	Não				
Escoamento de ar					
Caudal nominal (m³/h)					
Conhece Pressão total do ventilador e rendimento					
Pressão total (Pa)					
Rendimento total do ventilador(%)					
<b>7. Verão - Recuperador de calor</b>					
Existe by-pass ao recuperador de calor no verão					
<b>8. Resultados</b>					
<b>8.1 - Balanço de Energia - Edifício</b>					
R <sub>ph,i</sub> (h-1) - Aquecimento	0.56				
R <sub>ph,v</sub> (h-1) - Arrefecimento	0.60				
Wvm (kWh)	0.0				
<b>8.2 - Balanço de Energia - Edifício de Referência</b>					
R <sub>ph,i</sub> REF (h-1)	0.56				
<b>8.3 - Caudal mínimo de ventilação</b>					
Rph estimada em condições nominais (h-1)	0.56				
Requisito mínimo de ventilação Edif. Novos (h-1)	0.40				
Critério Rph mínimo	Satisfatório				
Nota: No Cálculo de Rph min em edifícios novos e grandes reabilitações não é considerado o efeito de janelas sem classificação, da classe 1 e 2 e a existência de caixas de estore.					
Técnico: _____ Data: 17/06/2014					






## A2.5. Dados referentes à moradia do PORTO (séc. XIX) [sem reabilitação]

 <b>LABORATÓRIO NACIONAL DE ENGENHARIA CIVIL</b>		<b>Aplicação LNEC Ventilação REH e RECS</b>		Aplicação desenvolvida por: Armando Pinto. apinto@lneec.pt  Ferramenta de cálculo citada no n.º3, do ponto 12.1, do despacho n.º 15793-K/2013.	
Pinto, A. - Aplicação LNEC para Ventilação no âmbito do REH e RECS. Lisboa, LNEC, 2014. v2.0a, 2014-02-12					
<b>1. Enquadramento do edifício</b>					
Tipo de edifício	Habitação existente	Área útil (m²): 350.7			
Local (município)	PORTO	Pd (m): 2.70			
Região	A	N.º de pisos da fração: 3			
Rugosidade	I	Velocidade vento: Defeito REH			
Altitude do local (m)	95	Vento (u10REH: 3.6) (m/s):			
Número de fachadas expostas ao exterior (Nfach)	2 ou mais	Vol (m³): 947			
Existem edifícios/obstáculos à frente das fachadas?	Sim	T <sub>exterior</sub> (°C): 9.9			
Altura do edifício (H <sub>edif</sub> ) em m	8.3	Z <sub>ref</sub> (m): 94			
Altura da fração (H <sub>fra</sub> ) em m	8.3	A <sub>env/Au</sub> : 4%			
Altura do obstáculo situado em frente (H <sub>obst</sub> ) em m	7	Proteção do edifício: Normal			
Distância ao obstáculo situado em frente (D <sub>obst</sub> ) em m	20	Zona da fachada: Inferior			
<b>2. Permeabilidade ao ar da envolvente</b>					
Foi medido valor n50	Não				
Para cada Vão (janela/porta) ou grupo de vãos:	R/ch	1Andar	2 andar	Recuado	
Área dos vãos (m²)	1.45	4.225	4.8725	2.5	
Classe de permeabilidade ao ar caix (janelas/portas)	Sem classificação	Sem classificação	Sem classificação	Sem classificação	
Permeabilidade ao ar das caixas de estore	Não tem	Não tem	Não tem	Não tem	
<b>3. Aberturas de admissão de ar na envolvente</b>					
Tem aberturas de admissão de ar na envolvente	Sim				
Tipo de abertura	Fixa ou regulável manualmente	Auto-regulável a 2 Pa	Auto-regulável a 10 Pa	Auto-regulável a 20 Pa	
Área livre das aberturas fixas (cm²) / Caudal Nominal aberturas auto-reguláveis (m³/h)	450	0	0	0	
<b>4. Condutas de ventilação natural, condutas com exaustores/ventax que não obturam o escoamento de ar pela conduta</b>					
Condutas de ventilação natural sem obstruções significativas (por exemplo, consideram-se obstruções significativas exaustores com filtros que anulam escoamento de ar natural para a conduta)	Não	Não	Não	Não	
Escoamento de ar					
Perda de carga					
Altura da conduta (m)					
Cobertura					
Número de condutas semelhantes					
<b>5. Exaustão ou insuflação por meios mecânicos de funcionamento prolongado</b>					
Existem meios mecânicos (excluindo exaustores ou ventax)	Não				
Escoamento de ar					
Caudal nominal (m³/h)					
Conhece Pressão total do ventilador e rendimento					
Pressão total (Pa)					
Rendimento total do ventilador(%)					
Tem sistema de recuperação de calor					
Rendimento da recuperação de calor (%)					
<b>6. Exaustão ou insuflação por meios híbridos de baixa pressão (&lt; 20 Pa)</b>					
Existem meios híbridos	Não				
Escoamento de ar					
Caudal nominal (m³/h)					
Conhece Pressão total do ventilador e rendimento					
Pressão total (Pa)					
Rendimento total do ventilador(%)					
<b>7. Verão - Recuperador de calor</b>					
Existe by-pass ao recuperador de calor no verão					
<b>8. Resultados</b>					
<b>8.1 - Balanço de Energia - Edifício</b>					
R <sub>g,u</sub> (h-1) - Aquecimento	0.40	ok			
R <sub>g,u</sub> (h-1) - Arrefecimento	0.60				
W <sub>vm</sub> (kWh)	0.0				
<b>8.2 - Balanço de Energia - Edifício de Referência</b>					
R <sub>g,u</sub> REF (h-1)	0.40				
<b>8.3 - Caudal mínimo de ventilação</b>					
R <sub>ph</sub> estimada em condições nominais (h-1)	0.21				
Requisito mínimo de ventilação Edif. Novos (h-1)	0.40				
Critério R <sub>ph</sub> mínimo	Ponderar medidas de melhoria do sistema de ventilação.				
Nota: No Cálculo de R <sub>ph</sub> min em edifícios novos e grandes reabilitações não é considerado o efeito de janelas sem classificação, da classe 1 e 2 e a existência de caixas de estore.					
Técnico: _____ Data: 17/06/2014					

## A2.6. Dados referentes à moradia do PORTO (séc. XIX) [com reabilitação]

 <b>LABORATÓRIO NACIONAL DE ENGENHARIA CIVIL</b>		<b>Aplicação LNEC Ventilação REH e RECS</b>		Aplicação desenvolvida por: Armando Pinto apinto@lneec.pt  Ferramenta de cálculo citada no n.º3, do ponto 12.1, do despacho n.º 15793-K/2013.	
Pinto, A. - Aplicação LNEC para Ventilação no âmbito do REH e RECS. Lisboa, LNEC, 2014. v2.0a, 2014-02-12					
<b>1. Enquadramento do edifício</b>					
Tipo de edifício	Habitação existente	Área útil (m²):	350.7		
Local (município)	PORTO	Pd (m):	2.30		
Região	A	N.º de pisos da fração	3		
Rugosidade	I	Velocidade vento	Defeito REH		
Altitude do local (m)	95	Vento (u10REH: 3.6) (m/s)			
Número de fachadas expostas ao exterior (Nfach)	2 ou mais	Vol (m³):	807		
Existem edifícios/obstáculos à frente das fachadas?	Sim	Texterior (°C)	9.9		
Altura do edifício (H <sub>edif</sub> ) em m	8.3	Zref (m)	94		
Altura da fração (H <sub>fra</sub> ) em m	8.3	Aenv/Au:	4%		
Altura do obstáculo situado em frente (H <sub>obs</sub> ) em m	7	Proteção do edifício:	Normal		
Distância ao obstáculo situado em frente (D <sub>obs</sub> ) em m	20	Zona da fachada:	Inferior		
<b>2. Permeabilidade ao ar da envolvente</b>					
Foi medido valor n50	Não				
Para cada Vão (janela/porta) ou grupo de vãos:	R/ch	1Andar	2 andar	Recuado	
Área dos vãos (m²)	1.45	4.225	4.8725	2.5	
Classe de permeabilidade ao ar caix (janelas/portas)	Sem classificação	Sem classificação	Sem classificação	Sem classificação	
Permeabilidade ao ar das caixas de estore	Não tem	Não tem	Não tem	Não tem	
<b>3. Aberturas de admissão de ar na envolvente</b>					
Tem aberturas de admissão de ar na envolvente	Sim				
Tipo de abertura	Fixa ou regulável manualmente	Auto-regulável a 2 Pa	Auto-regulável a 10 Pa	Auto-regulável a 20 Pa	
Área livre das aberturas fixas (cm²) / Caudal Nominal aberturas auto-reguláveis (m³/h)	0	630	0	0	
<b>4. Condutas de ventilação natural, condutas com exaustores/ventax que não obturam o escoamento de ar pela conduta</b>					
Condutas de ventilação natural sem obstruções significativas (por exemplo, consideram-se obstruções significativas exaustores com filtros que anulam escoamento de ar natural para a conduta)	Sim	Não	Não	Não	
Escoamento de ar	Exaustão				
Perda de carga	Baixa				
Altura da conduta (m)	3				
Cobertura	Inclinada (10 a 30°)				
Número de condutas semelhantes	3				
<b>5. Exaustão ou insuflação por meios mecânicos de funcionamento prolongado</b>					
Existem meios mecânicos (excluindo exaustores ou ventax)	Não				
Escoamento de ar					
Caudal nominal (m³/h)					
Conhece Pressão total do ventilador e rendimento					
Pressão total (Pa)					
Rendimento total do ventilador(%)					
Tem sistema de recuperação de calor					
Rendimento da recuperação de calor (%)					
<b>6. Exaustão ou insuflação por meios híbridos de baixa pressão (&lt; 20 Pa)</b>					
Existem meios híbridos	Não				
Escoamento de ar					
Caudal nominal (m³/h)					
Conhece Pressão total do ventilador e rendimento					
Pressão total (Pa)					
Rendimento total do ventilador(%)					
<b>7. Verão - Recuperador de calor</b>					
Existe by-pass ao recuperador de calor no verão					
<b>8. Resultados</b>					
<b>8.1 - Balanço de Energia - Edifício</b>					
R <sub>ph,i</sub> (h-1) - Aquecimento	0.58				
R <sub>ph,v</sub> (h-1) - Arrefecimento	0.60				
Wvm (kWh)	0.0				
<b>8.2 - Balanço de Energia - Edifício de Referência</b>					
R <sub>ph,i,REF</sub> (h-1)	0.58				
<b>8.3 - Caudal mínimo de ventilação</b>					
Rph estimada em condições nominais (h-1)	0.58				
Requisito mínimo de ventilação Edif. Novos (h-1)	0.40				
Critério Rph mínimo	Satisfatório				
Nota: No Cálculo de Rph min em edifícios novos e grandes reabilitações não é considerado o efeito de janelas sem classificação, da classe 1 e 2 e a existência de caixas de estore.					
Técnico: _____ Data: 19/06/2014					